This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

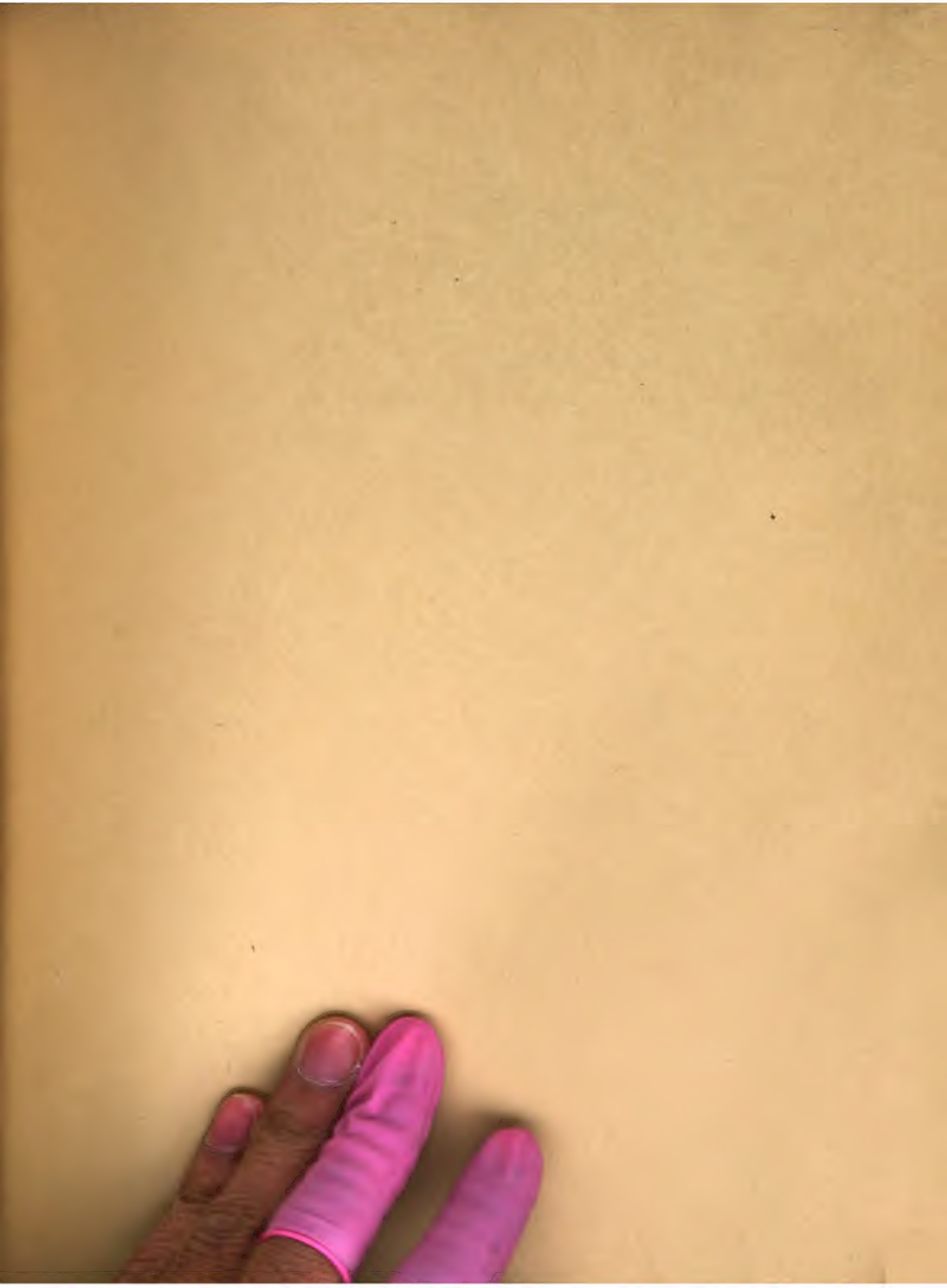
En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

LSoc 1637.21

HARVARD COLLEGE
LIBRARY

GIFT OF

THE ACADEMY



ACADÉMIE

DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER.

Section des Sciences.

LSoc 1637.21

HARVARD COLLEGE
LIBRARY

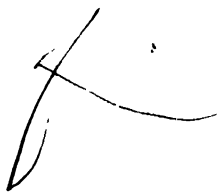
GIFT OF

THE ACADEMY

ACADÉMIE

DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER.

SECTION DES SCIENCES.



ACADÉMIE

des Sciences et Lettres de Montpellier.—

MÉMOIRES

DE LA SECTION DES SCIENCES.

TOME CINQUIÈME.

MONTPELLIER
BOEHM & FILS, IMPRIMEURS DE L'ACADÉMIE, PLACE DE L'OBSERVATOIRE

1861-1863

LSoc1637.21

TABLE DES MATIÈRES

DU CINQUIÈME VOLUME[1].

I.

Année 1861.

Édouard Roche. — Note sur la masse des Comètes..... 1

É. Diacon. — Sur le calcul des densités de vapeur et la détermination des formules des corps neutres volatils..... 13

Lenthéric. — Théorie de l'ellipse, déduite de la transformation particulière du cercle (avec Planche)..... 25

A. Moitessier. — Sur la composition des péridots normaux et altérés du Puy-de-Dôme..... 39

Charles Martins. — Sur l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur dans les couches inférieures de l'atmosphère (avec Planche)..... 47

Édouard Roche. — Résumé des observations météorologiques faites à la Faculté des Sciences de Montpellier pendant l'année 1860.... 71

Paul Gervais. — Discours prononcé aux funérailles de M. Jules de Christol, membre correspondant de l'Académie..... 75

Marcel de Serres. — Du gisement des corps simples métalloïdes..... 79

G. Chancel et É. Diacon. — Sur le chauffage au gaz dans les laboratoires de chimie (avec Planche)..... 103

Paul Gervais. — Sur différentes espèces de vertébrés fossiles observées pour la plupart dans le midi de la France..... 117

[1] Le cinquième volume des *Mémoires de la Section des Sciences* a paru en trois parties, de 1861 à 1863; il contient 12 planch. et 502 pag., y compris les Observations météorologiques.

II.

Année 1862.

Charles MARTINS. — Sur l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur dans les couches inférieures de l'atmosphère (*fin*). 133

Édouard ROCHE. — Résumé des observations météorologiques faites à la Faculté des Sciences de Montpellier pendant l'année 1861.... 151

É. VIALA. — Théorie et construction d'un cadran solaire portatif, dit analemmatique (avec 2 Planches)..... 155

Marcel de SERRES. — De la richesse minéralogique du département de l'Hérault. 167

Marcel de SERRES. — Des minerais de peroxyde de fer hydraté, ou limonite, de l'Hérault..... 175

Marcel de SERRES. — Des dépôts marins coquilliers qui se trouvent constamment dans les canaux de Cette et des étangs salés qui en sont rapprochés (avec Planche).... 180

BERGER. — Calcul de l'inégalité à longue période du moyen mouvement de Vénus..... 183

LENTHÉRIC. — Transformation newtonienne appliquée à la théorie de l'homographie (avec Planche)..... 205

Édouard ROCHE. — Nouvelles recherches sur la figure des atmosphères des corps célestes (avec Planche)..... 263

Paul GERVAIS. — Notice sur M. Marcel de Serres..... 303

Paul GERVAIS. — Sur les empreintes végétales trouvées à Arnissan (Aude) et détails géologiques et paléontologiques sur cette localité (avec Planche)..... 309

Paul GERVAIS. — Additions aux recherches sur les mammifères fossiles de l'Amérique méridionale..... 325

WOLF et É. DIACON. — Sur les spectres des métaux alcalins (avec Planche)..... 333

A. MOITESSIER. — Sur les produits de la distillation sèche du camphorate de cuivre..... 341

Félix JEANJEAN. — Note sur les urées sulfurées..... 344

III.

Année 1863.

Paul Gervais. — Des notions relatives aux céphalopodes, qui sont consignées dans Aristote..... 345

Paul Gervais. — Sur le grand Calmar de la Méditerranée..... 357

Paul Gervais. — Tableau d'une classification générale des animaux..... 359

Charles Martins. — Du refroidissement nocturne de la tranche superficielle du sol comparé à celui de la couche d'air en contact avec la terre..... 361

Charles Martins. — Du refroidissement nocturne et de l'échauffement diurne, pendant l'hiver de Montpellier, des diverses espèces de terres cultivées..... 367

Ossian Bonnet. — Mémoire sur l'intégration des équations aux différentielles partielles du premier ordre..... 385

A. Béchamp. — Sur l'existence de plusieurs acides gras odorants et homologues dans les fruits du *Ginckо biloba*..... 395

Édouard Roche. — Résumé des observations météorologiques faites à la Faculté des Sciences de Montpellier, pendant l'année 1862.... 405

A. Moitessier. — Sur les chlorures de salicyle et de nitrosalicyle..... 409

Édouard Roche. — Sur une généralisation de la formule de Taylor..... 419

Extrait des procès-verbaux des séances..... 431

Observations météorologiques faites à la Faculté des Sciences de Montpellier : Tableaux de ces Observations pour les années 1860, 1861 et 1862.

MEMBRES

DE LA SECTION DES SCIENCES

DE

L'ACADÉMIE DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER.

MM. BÉRARD, Doyen de la Faculté de Médecine.
PAUL GERVAIS, Doyen de la Faculté des Sciences.
JEANJEAN, Conservateur des collections de la Faculté des Sciences (décédé le 1er octobre 1862).
LENTHÉRIC, Professeur à l'École régimentaire du Génie.
HENRI MARÈS, Membre du Conseil Général.
JULES PAZEGY, Député au Corps Législatif.
MARCEL DE SERRES, Professeur à la Faculté des Sciences (décédé le 22 juillet 1862).
WESTPHAL-CASTELNAU, Banquier.
ÉDOUARD ROCHE, Professeur à la Faculté des Sciences.
GUSTAVE CHANCEL, Professeur à la Faculté des Sciences.
COURTY, Professeur à la Faculté de Médecine.
CAUVY, Professeur à l'École de Pharmacie.
PAUL DE ROUVILLE, chargé de Cours à la Faculté des Sciences.
MARTINS, Professeur à la Faculté de Médecine.
LE RICQUE DE MONCHY.
É. PLANCHON, Professeur à la Faculté des Sciences et Directeur de l'École de Pharmacie.
BERGER, Professeur de Mathématiques spéciales au Lycée.
WOLF, Astronome à l'Observatoire Impérial de Paris (nommé Membre correspondant).
A. MOITESSIER, Agrégé à la Faculté de Médecine.
É. DIACON, Licencié ès Sciences.
A. BÉCHAMP, Professeur à la Faculté de Médecine.

ACADÉMIE
DES SCIENCES ET LETTRES DE MONTPELLIER

MÉMOIRES DE LA SECTION DES SCIENCES.

NOTE

SUR

LA MASSE DES COMÈTES,

Par M. Édouard ROCHE.

1. J'ai montré, dans mes précédentes publications relatives aux comètes, comment il est possible d'évaluer la masse de ces astres, ou tout au moins d'obtenir des limites entre lesquelles elle soit comprise. Je vais revenir avec plus de détails sur cette importante question des masses cométaires, et indiquer par quelles considérations on pourra arriver à les déterminer avec quelque précision.

2. La marche que j'ai suivie en premier lieu consiste à chercher la distance où l'atmosphère d'une comète se trouve limitée par l'attraction solaire, distance que l'on peut calculer directement, et qui résulte aussi de l'étude spéciale que j'ai faite, dans mes *Recherches sur les Atmosphères*[1], de la forme d'une atmosphère cométaire et de ses couches de niveau. Je supposerai

[1] *Annales de l'Observatoire Impérial de Paris*, tom. V, 1859.

d'abord cette atmosphère soumise uniquement à l'attraction de son noyau et à l'action perturbatrice du soleil.

Le demi-grand axe R de la surface qui termine l'atmosphère est lié à la distance a du soleil et à la masse μ de la comète (celle du soleil étant prise pour unité) par la relation

$$R = a \sqrt[3]{\frac{\mu}{2}}, \qquad (1)$$

si l'on considère, pour simplifier, le mouvement de la comète comme une translation rectiligne dirigée suivant le rayon vecteur solaire.

Dans l'hypothèse où la comète circulerait autour du soleil, en lui présentant toujours la même face, on aurait cette autre relation

$$R = a \sqrt[3]{\frac{\mu}{3}}.$$

Mais si l'on veut employer ces formules à la détermination de μ, il importe peu que l'on se serve de l'une ou de l'autre, leur différence étant insignifiante eu égard à l'incertitude que comporte nécessairement l'évaluation d'une masse de comète. On prendra, par exemple, la première, d'où l'on tire

$$\mu = \frac{2R^3}{a^3} = 2\left(\frac{R}{d}\right)^3 \left(\frac{d}{a}\right)^3, \qquad (2)$$

d étant la distance de la comète à la terre, $\frac{R}{d}$ le demi-diamètre apparent de son atmosphère. J'ai indiqué cet usage de l'équation (1), dans une *Note sur la théorie des atmosphères,* publiée en 1851, et j'en ai fait diverses applications.

3. On doit observer ici que, pour obtenir directement la distance R où l'attraction solaire limite l'atmosphère, il ne serait pas exact de chercher entre la comète et le soleil le point d'égale attraction, comme si ces deux astres étaient immobiles. Le point en question est celui où une molécule cesse de peser vers la comète, c'est-à-dire ne tend plus à s'en rapprocher. Or, la comète tombant elle-même vers le soleil, la pesanteur relative d'une molécule vers la comète est, suivant la position de la molécule, la somme ou la

différence de sa pesanteur absolue vers la comète et de la pesanteur de celle-ci vers le soleil. C'est en égalant cette *pesanteur relative* de la molécule à l'attraction qu'elle éprouve en sens contraire de la part du soleil, qu'on déterminera la limite cherchée.

Si donc on veut avoir la limite du côté du soleil, on posera l'équation

$$\frac{\mu}{R^2} + \frac{1}{a^2} = \frac{1}{(a-R)^2}, \qquad (3)$$

d'où

$$\mu = \frac{R^2(2aR - R^2)}{a^2(a-R)^2}.$$

Comme on suppose a très-grand et μ très-petit, cette équation peut se réduire à

$$\mu a^2 = 2R^2,$$

qui ne diffère pas de la relation (1).

On obtiendrait la même valeur de R, si l'on cherchait la distance où l'atmosphère est limitée à l'opposite du soleil.

Enfin, si l'on tenait compte du mouvement de la comète autour du soleil et de sa rotation sur elle-même, il en résulterait une force centrifuge qu'il faudrait introduire dans le calcul précédent, parce qu'elle tend à diminuer, pour tout point qui participe à cette rotation, la pesanteur vers le noyau ou le centre de la comète.

4. Quant à la distance Δ, où la *pesanteur absolue* d'une molécule est détruite par l'attraction solaire, on la trouve en écrivant l'équation

$$\frac{\mu}{\Delta^2} = \frac{1}{(a-\Delta)^2}, \qquad \text{d'où} \quad \mu = \frac{\Delta^2}{(a-\Delta)^2};$$

et puisque Δ doit être fort petit par rapport à a,

$$\mu = \frac{\Delta^2}{a^2}, \qquad \text{et} \quad \Delta = a\sqrt{\mu}.$$

A cause de la petitesse de μ, il est évident que Δ sera beaucoup plus petit que la distance R calculée comme ci-dessus.

Il importait de faire cette remarque sur la nécessité d'avoir égard, dans le calcul de la limite atmosphérique, à la pesanteur relative de l'atmosphère vers le noyau qu'elle recouvre, et non à sa pesanteur absolue : car elle a échappé à Laplace dans une circonstance analogue. Voulant obtenir la limite de l'atmosphère de la lune (*Expos. du syst. du monde,* liv. IV, ch. x), il cherche le point où la force centrifuge due au mouvement de rotation de la lune, jointe à la force attractive de la terre, est en équilibre avec l'attraction du satellite ; et il trouve que ce point est éloigné du centre de la lune d'un *neuvième* environ de la distance de la lune à la terre. Si l'on substitue, comme il le faut, à l'attraction de la lune ou à la pesanteur absolue, la pesanteur relative vers la lune, c'est un *cinquième* que l'on trouve. La différence numérique de ces deux résultats n'a pas d'importance dans la question que Laplace se proposait ; mais il en serait autrement dans celle qui nous occupe actuellement, et c'est pour cela que nous insistons sur ce point particulier.

Revenons actuellement à la détermination des masses cométaires par les formules (1) ou (2).

5. Il résulte d'une lettre insérée au *Bulletin de l'Observatoire de Paris* (23 août 1860) que la formule (1) a été donnée en 1808 par le professeur Joseph Calandrelli, du Collége Romain, et qu'ayant mesuré l'étendue angulaire de la nébulosité de la comète de 1807, cet astronome s'en est servi pour calculer la masse de cet astre. L'idée de concevoir une atmosphère cométaire limitée au point où l'action de la comète est contrebalancée par celle du soleil, l'a conduit, comme moi, à conclure des dimensions observées de l'atmosphère le rapport des masses des deux astres.

Mais, dans l'application de cette idée, il se présente deux difficultés que M. Calandrelli semble ne pas avoir remarquées, et qui rendent ses déterminations incertaines. Et d'abord, *faut-il prendre pour* R (qui dans la formule désigne le demi-grand axe de l'atmosphère de la comète) *le rayon de la nébulosité, ou bien celui du noyau?*

Parmi les sept déterminations que M. Calandrelli rapporte dans sa lettre, et qui sont :

Comète de Donati..... $\mu = 0,\ 000\ 000\ 000\ 78$
Comète de 1807..... $\mu = 0,\ 000\ 000\ 038$
..... 1811..... $\mu = 0,\ 000\ 000\ 3$
..... 1759..... $\mu = 0,\ 000\ 000\ 000\ 093$
..... 1680..... $\mu = 0,\ 000\ 000\ 1$
..... 1744..... $\mu = 0,\ 000\ 000\ 078$
..... 1767..... $\mu = 0,\ 000\ 000\ 2$

les quatre premières ont été calculées en prenant pour R le rayon de l'atmosphère, et les trois autres, le rayon du noyau. Or l'auteur n'indique pas ce qui l'a guidé dans ces deux manières de procéder.

6. Pour éviter toute ambiguïté, voici, je crois, ce qu'il faudrait dire : en donnant à R successivement ces deux valeurs (le rayon de la nébulosité et celui du noyau) on obtiendra *deux limites extrêmes* de la masse μ. En effet, le noyau est intérieur à l'atmosphère ; et d'autre part la figure généralement irrégulière des nébulosités et les variations qu'elles éprouvent, indiquent qu'une partie de leur matière n'appartient déjà plus à l'atmosphère proprement dite, mais qu'elle constitue un système en mouvement formé de molécules échappées de cette atmosphère. Le rayon R est donc réellement intermédiaire entre celui du noyau et celui de la nébulosité.

Pour la comète de Donati, par exemple, le rayon du noyau était d'environ 2″ le 5 octobre 1858, jour où sa distance à la terre était égale à sa distance au soleil. La formule (2) donne alors

$$\mu = 2\sin^3 2'' = 0,\ 000\ 000\ 000\ 000\ 001\ 823$$

pour *limite inférieure* de la masse rapportée au soleil ;

$$m = 0,\ 000\ 000\ 000\ 647$$

serait la masse rapportée à la terre supposée $\frac{1}{333000}$ du soleil.

La nébulosité, au contraire, s'étendait à une distance de plusieurs minutes ; en prenant 120″ pour son rayon, on trouve

$$\mu = 2\sin^3 120'' = 0,\ 000\ 000\ 000\ 394,$$
$$m = 0,\ 000\ 14,$$

pour *limite supérieure* de la masse cherchée.

7. Ces deux résultats numériques sont très-différents, et ne permettent pas de se faire une idée précise de l'élément que nous nous proposons d'évaluer. Il nous semble qu'on obtiendra une valeur plus exacte en considérant la comète à une grande distance du soleil, avant que la queue ait commencé à paraître. La nébulosité présente alors une forme globulaire, et elle doit sans doute différer peu de l'atmosphère elle-même.

Ainsi, au commencement de juin 1858, le diamètre apparent de la comète de Donati a été estimé à deux ou trois minutes; supposons, pour fixer les idées, son rayon égal à 75″, le rapport $\frac{d}{a}$ étant alors $\frac{10}{9}$, on a

$$\mu = 2\left(\frac{10}{9}\right)^3 \sin^3 75'' = 0,000\,000\,000\,132,$$

$$m = 0,000\,047.$$

Ce sont ces derniers nombres que j'ai adoptés comme les plus probables; ils diffèrent peu des précédents, mais beaucoup de ceux obtenus par la supposition que l'atmosphère se termine précisément au noyau : c'est là en effet une hypothèse extrême, dans laquelle il n'y aurait plus à proprement parler d'atmosphère. Il convient, d'après cela, de prendre pour R, non pas le rayon du noyau, mais le rayon de la nébulosité *quand la comète est encore très-loin du soleil.*

8. Voici maintenant l'autre difficulté qui se présente dans l'emploi de la formule (1) pour évaluer la masse d'une comète. Si on l'applique à diverses époques de l'apparition de l'astre, il arrive qu'à l'approche du périhélie *elle donne des valeurs de μ de plus en plus faibles*, et même quelquefois très-rapidement décroissantes.

En supposant μ constant, la formule montre bien que R doit varier proportionnellement à a, c'est-à-dire que les dimensions absolues de la nébulosité décroissent comme la distance au soleil. Mais en réalité cette contraction apparente subie par la comète est bien plus rapide, surtout chez certains de ces astres.

Soit, pour exemple, la comète d'Encke. Les observations de 1828 fournissent les données suivantes :

$a = 1{,}4617$,	$2R = 79{,}4$ rayons terrestres; d'où	$m = 0,\ 001\ 029$
1,3217	64,8	0, 000 757
0,9668	29,8	0, 000 188
0,8473	19,9	0, 000 083
0,7285	11,5	0, 000 025
0,5419	3,1	0, 000 001

On voit que R diminuait avec a, mais encore plus vite, et c'est ce qui fait que μ et m, calculés au moyen de la formule (2), décroissent aussi très-rapidement et d'une manière assez régulière.

Conformément à ce qui a été dit au n° 7, on devrait adopter pour la masse de la comète d'Encke les valeurs

$$\mu = 0,\ 000\ 000\ 002\ 8, \qquad m = 0,\ 001,$$

qui résultent des observations faites à grande distance du soleil. Cette masse serait donc bien supérieure à celle de la comète de Donati.

9. Il est possible assurément que la masse de la comète ait réellement diminué en approchant du périhélie, mais on ne saurait lui attribuer l'énorme diminution qu'indique le tableau précédent. Il faut donc reconnaître que la formule (1) conduit, dans ce cas, à des résultats inadmissibles, et que la théorie dont elle est déduite est insuffisante.

Ainsi, au voisinage du soleil, les variations de grandeur qu'éprouve le diamètre de la nébulosité dénotent l'existence d'une cause nouvelle qui vient se joindre à la gravitation; et la formule (1) cesse d'être applicable, parce qu'elle donne la limite atmosphérique déterminée par les seules attractions du noyau et du soleil. Il reste à voir quelle est cette cause nouvelle, et comment elle modifie la relation qui nous sert à calculer les masses cométaires.

10. L'étude analytique des figures d'équilibre d'une atmosphère et la comparaison de ces figures théoriques avec les formes réellement observées chez les comètes, conduisent à reconnaître une action répulsive s'exerçant du soleil sur la nébulosité, c'est-à-dire sur le fluide atmosphérique qui recouvre le noyau, tandis que le noyau lui-même est insensible à cette répulsion. Quelque idée que l'on se fasse d'une pareille action, qui semble émaner du soleil, on ne saurait en méconnaître les effets dans le phénomène de la

formation des queues à l'opposite du soleil. Cette action répulsive se manifeste, soit qu'avec Bessel on examine ce qui se passe au dehors de la sphère d'attraction de la comète, soit qu'à l'intérieur de cette sphère on étudie, comme je l'ai fait dans mes *Recherches*, la forme et la disposition des couches qui enveloppent le noyau cométaire. Elle doit donc aussi intervenir avec la gravité pour régler la distance limite où se termine l'atmosphère de la comète.

Je vais introduire par conséquent, dans le calcul de cette distance, une répulsion exercée par le soleil sur la molécule : j'admettrai qu'elle varie, comme la gravité, en raison inverse du carré de la distance au soleil, et qu'elle est une fraction φ de cette gravité.

11. Considérant un point placé au-delà de la comète par rapport au soleil, son poids vers la comète $\frac{\mu}{R^2}$ s'ajoute à son poids vers le soleil, qui, diminué de la répulsion, est actuellement $\frac{1-\varphi}{(a+R)^2}$. En égalant cette somme au poids $\frac{1}{a^2}$ de la comète elle-même, on détermine la position où la molécule ne tend ni à s'approcher ni à s'éloigner du noyau. L'équation (3) se trouve alors remplacée par la suivante :

$$\frac{\mu}{R^2} + \frac{1-\varphi}{(a+R)^2} = \frac{1}{a^2},$$

d'où

$$\mu = \frac{R^2(2aR + R^2) + \varphi a^2 R^2}{a^2(a+R)^2};$$

équation qu'on peut réduire à

$$\mu a^2 = \varphi R^2,$$

si a est très-grand par rapport à R, et si φ lui-même n'est pas excessivement petit $\left(\text{par exemple de l'ordre de } \frac{R}{a}\right)$. Donc enfin

$$R = a\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}}.$$

R n'est pas ici le demi-diamètre de l'atmosphère, car elle n'est plus symétrique de part et d'autre du noyau, comme on peut le voir dans mon

Mémoire. Le calcul donne pour le grand axe D de la surface qui termine cette atmosphère

$$D = a\sqrt{\frac{2\mu}{\varphi}}. \qquad (4)$$

Telle est, dans l'hypothèse d'une force répulsive, la relation entre le diamètre de l'atmosphère, la masse de la comète, sa distance au soleil, et la répulsion qu'éprouve le fluide atmosphérique suivant le rayon vecteur solaire.

12. On ne pourrait se servir de cette relation, pour calculer μ, au moyen de la grandeur observée de D, qu'autant que la force répulsive φ serait connue. A l'inverse, si l'on a déterminé la masse, on calculera φ ou le rapport de la répulsion à l'attraction solaire par la formule

$$\varphi = \frac{2\mu a^2}{D^2}. \qquad (5)$$

Ainsi, de la valeur $m = 0,001$, que nous avons adoptée au n° 8 pour la masse de la comète d'Encke, on conclura les valeurs de φ correspondantes aux diverses distances a de la comète au soleil, savoir :

$a = 1,46$	$\varphi = 0,001$	$\varphi a^2 = 0,002$
1,32	0,001	0,002
0,97	0,003	0,003
0,85	0,006	0,004
0,73	0,013	0,007
0,54	0,099	0,029

Ces chiffres montrent que la répulsion φ ne devient notablement appréciable sur cette comète que vers la distance 0,8 ou 0,9, la distance de la terre au soleil étant prise pour unité ; mais ensuite elle croît de plus en plus rapidement. En outre, le produit φa^2 est d'abord à peu près constant, c'est-à-dire que φ augmente en raison inverse du carré de la distance au soleil. Plus près de cet astre, φa^2 croît très-vite ; c'est que les variations de φ ne proviennent pas uniquement des variations de la distance : l'énergie de la répulsion augmente à mesure qu'elle s'exerce sur une matière de plus en plus raréfiée par la chaleur du soleil.

13. La comparaison des diamètres apparents de la même comète à son

apparition de 1858, conduit à peu près aux mêmes résultats pour la valeur de φ et la loi de ses variations. On en jugera par le tableau suivant :

$a = 1{,}42$	$\varphi = 0{,}001$	$\varphi a^2 = 0{,}002$
1,19	0, 003	0, 004
1,00	0, 005	0, 005
0,88	0, 009	0, 007
0,83	0, 011	0, 008
0,71	0, 020	0, 010
0,69	0, 022	0, 018
0,39	0, 184	0, 028
0,35	0, 343	0, 042

En comparant de cette manière les mesures effectuées aux diverses apparitions de la comète, on pourra s'assurer si la masse reste invariable, et si, pour la même distance du soleil, l'action répulsive reprend la même valeur.

Un calcul analogue fait sur la comète de Donati donne environ $\varphi = 1$ pour grandeur de la répulsion qu'éprouvaient à l'époque du périhélie les couches atmosphériques voisines du noyau. Or c'est là précisément l'ordre de grandeur de φ, calculé par M. Pape, en appliquant à cette comète la théorie de Bessel sur la forme des queues, théorie qui est aussi basée sur l'hypothèse d'une force répulsive. Cette concordance mérite d'être remarquée, parce qu'elle porte sur des déterminations absolument indépendantes l'une de l'autre.

14. On peut se demander si les masses calculées par l'application de notre méthode présentent des valeurs acceptables, je veux dire des valeurs qui s'accordent avec ce que l'on sait de la constitution physique de ces astres. Considérons d'abord la comète de Donati; la masse que nous sommes conduit à lui attribuer équivaut à $\frac{1}{20\,000}$ de celle de la terre, c'est 53 fois environ la masse de l'atmosphère terrestre. On se rendra encore mieux compte de son importance en l'estimant en eau : cette masse est celle d'une sphère d'eau ayant 400 kilomètres de rayon.

En réalité, la comète ne forme pas un tout homogène : il y faut distinguer la nébulosité proprement dite et le noyau. Un peu après le périhélie, on

pouvait estimer approximativement le rayon de la nébulosité à 50″, et celui du noyau à 2″, ou 800 kilomètres de grandeur absolue. Supposant, pour fixer les idées, que la nébulosité contenait $\frac{1}{1000}$ de la masse totale, on trouve la densité moyenne du noyau égale à $\frac{1}{8}$ de celle de l'eau, et la densité de la nébulosité, considérée comme une sphère homogène, égale à 0, 000 0065 par rapport à l'air atmosphérique : c'est la densité de l'air à la pression de 0^{mm}, 005 de mercure.

Quant à la comète d'Encke, si les déterminations de diamètre apparent que nous avons citées plus haut sont exactes, elle serait environ $\frac{1}{1000}$ de la masse terrestre. Admettons qu'au périhélie la masse de la comète soit uniformément distribuée à l'intérieur d'une sphère égale à la terre, la densité y serait quatre fois celle de l'air atmosphérique. Mais si, comme tout à l'heure, on n'attribue à la nébulosité que $\frac{1}{1000}$ de la masse du noyau, la densité sera seulement 0, 004, ou celle de l'air sous la pression de trois millimètres de mercure. Bien que nous trouvions pour la comète d'Encke une masse beaucoup supérieure à celle qu'on aurait pu lui supposer *à priori*, ces chiffres ne sont pas inadmissibles ; et il ne nous semble pas qu'on puisse en faire une objection sérieuse à notre théorie.

15. En résumé, les considérations qui précèdent sont pour nous une nouvelle preuve qu'une répulsion, réelle ou apparente, est exercée par le soleil sur la substance des nébulosités cométaires. Elles montrent clairement que la formule (1) ne doit pas être employée sans précaution au calcul de la masse μ, car elle n'est exacte que lorsque φ est négligeable.

Ce cas excepté, la formule (4) est seule rigoureuse ; mais comme elle contient φ, elle exige, pour déterminer μ, la connaissance préalable de la force répulsive.

Pour obtenir la masse μ, il faut donc, ainsi que nous venons de le faire pour la comète de Donati et la comète d'Encke, appliquer la formule (1) à une époque où ces comètes étaient assez loin du soleil, et leur figure assez régulière, pour qu'on soit en droit d'admettre qu'elles n'étaient pas soumises

à une répulsion sensible. Plus tard, lorsque la queue apparaît, la forme irrégulière de la nébulosité ne permet pas d'apprécier les dimensions de l'atmosphère proprement dite; et de plus, la répulsion ayant alors une valeur considérable, la formule (1) cesse d'être rigoureuse.

En tenant compte de ces diverses circonstances, et par une discussion approfondie des variations du diamètre apparent, il nous semble possible d'arriver à des notions assez précises sur les masses cométaires. Dans l'incertitude où l'on a été jusqu'ici sur un élément aussi important pour la connaissance de ces corps, on ne doit négliger aucune indication susceptible de remplir cette lacune. C'est pourquoi nous avons cru devoir rappeler avec plus de détails ce qui, dans nos Recherches, nous paraît applicable à la détermination de la masse des comètes.

SUR LE

CALCUL DES DENSITÉS DE VAPEUR

ET LA DÉTERMINATION

DES FORMULES DES CORPS NEUTRES VOLATILS,

Par M. E. DIACON.

Les difficultés rencontrées par les chimistes dans l'établissement des formules des corps neutres volatils, les ont conduits à déterminer celles-ci par la densité de vapeur de ces substances; le rapport simple qui existe entre la densité d'un corps à l'état gazeux et son poids atomique permet en effet d'en déduire ce dernier et par suite l'équivalent, si l'on connait l'équivalent en volumes de composés semblables. Mais ce n'est qu'après des calculs laborieux et parfois des tâtonnements, que l'on passe des données expérimentales à la formule de la substance. J'ai cherché, dans cette note, à abréger les premières, et à éviter les seconds, en déduisant directement la formule de l'ensemble des données.

I. — La densité de vapeur D d'un corps volatil s'obtient, lorsqu'on emploie la méthode de M. Dumas, au moyen de la formule

$$D = \frac{[E(1+\alpha t)\,760 + Hp\,(V-v)]\,[1+\alpha T]}{Hp\,(1+\alpha t)\,(V[1+K(T-t)]-v\,[1+\alpha(T-t)])} \qquad [1]$$

où V représente le volume du ballon en centimètres cubes,

v — le volume à $t°$ de l'air resté dans le ballon,

E — l'excès du poids du ballon plein de vapeur sur le poids du ballon plein d'air, à $t°$,

t — la température de la balance,

T — la température du bain d'huile } au moment où le ballon

H — la hauteur barométrique } a été scellé,

p — le poids d'un centimètre cube d'air : 0,0012932

α — le coefficient de dilatation des gaz : 0,003665

K — le coefficient de dilatation du verre : 0,000028 à 0,00003

Cette équation n'étant pas calculable par logarithmes, on a cherché à lui substituer des formules ne donnant, il est vrai, qu'une approximation, mais permettant ce genre de calcul. Celle qui conduit au nombre le plus rapproché de la valeur réelle de D est due à M. Poggendorff. Cette formule, reproduite par M. H. Rose, dans son *Traité d'analyse chimique*, se déduit de [1] en négligeant au numérateur $Hpv\,(1 + \alpha T)$, et remplaçant au dénominateur $v[1 + \alpha(T - t)]$ par $v[1 + K(T - t)]$; la formule plus simple que l'on obtient alors, accompagnée de tables particulières donnant les logarithmes des expressions $1 + \alpha T$, $1 + \alpha t$, ... permet d'obtenir assez rapidement la valeur de D. Malheureusement les quantités négligées ne se compensent pas entièrement, et il est des cas où l'erreur qui en résulte pour la densité, erreur que tendent à augmenter les tables calculées avec des coefficients trop faibles, peut être plus grande que les incertitudes dues à la méthode expérimentale.

Toutes les expressions que l'on pourrait obtenir en altérant les termes de l'équation [1], ne pouvant être employées qu'entre certaines limites, j'ai cherché, pour échapper à cette difficulté, à rendre calculable par logarithmes cette équation elle-même. Soit :

$$V[1 + K(T - t)] = V_1, \qquad v[1 + \alpha(T - t)] = v_1;$$

en portant ces valeurs dans [1] et décomposant en deux fractions le second membre, on a

$$D = \frac{E \times 760(1 + \alpha T)}{pH(V_1 - v_1)} + \frac{(V - v)(1 + \alpha T)}{(1 + \alpha t)(V_1 - v_1)};$$

ou, en faisant $\frac{pH}{760} = \delta$,

$$D = \frac{E(1+\alpha T)}{\delta(V_1 - v_1)} + \frac{(V-v)(1+\alpha T)}{(1+\alpha t)(V_1 - v_1)}.$$

On peut donc poser :

$$[2] \quad \begin{cases} D = X + Y, \\ \text{Log } X = \text{Log } E + \text{Log } (1+\alpha T) - \text{Log } \delta - \text{Log } (V_1 - v_1), \\ \text{Log } Y = \text{Log } (V-v) + \text{Log } (1+\alpha T) - \text{Log } (1+\alpha t) - \text{Log } (V_1 - v_1). \end{cases}$$

On voit donc que, pour que le calcul puisse se faire rapidement, il suffit d'avoir des tables particulières qui donnent les logarithmes de $1+\alpha T$, $1+\alpha t$, δ, et permettent d'obtenir facilement V_1 et v_1.

Appliquons cette formule à la recherche de la densité de vapeur de l'aldéhyde valérique. M. Chancel a trouvé pour ce corps les données expérimentales suivantes :

$E = 0^{gr},282$ $\quad T = 185^{o}$ $\quad V = 277^{cc},6$

$H = 749^{mm}$ $\quad t = 21^{o},5$ $\quad v = 2^{cc},5$

on en déduit $\quad T - t = 163^{o},7 ; V - v = 275^{cc},1$

La table III donne pour $V = 277,6$ et $T - t = 166,7\ldots$ $V_1 = 279^{cc}$

et la table IV, pour $v = 2,5$ et $T - t = 163,7\ldots$ $v_1 = 4^{cc}$

d'où $V_1 - v_1 = 275^{cc}$

Les logarithmes de $1+\alpha T$, $1+\alpha t$, δ, étant donnés par les tables I et II, on n'a à chercher dans les tables de logarithmes que les valeurs de Log E, Log. $(V-v)$ et Log $(V_1 - v_1)$, pour pouvoir exécuter les calculs suivants, indiqués par la formule [2] :

Log E	$= \bar{1},45025$	
Log $(1+\alpha T)$	$= 0,22488$	
	$\bar{1},67513$	$\bar{1},67513$
Log δ	$= 5,10534$	
Log $(V_1 - v_1)$	$= 2,43933$	
	$\bar{1},54467$	$\bar{1},54467$
		$0,13046 = \text{Log } X, \quad X = 1,350$

$$\begin{aligned}
\text{Log}\,(V - v) &= 2{,}43949 \\
\text{Log}\,(1 + \alpha T) &= 0{,}22488 \\
&\overline{\qquad\qquad} \\
&2{,}66437 \quad \ldots\ldots \quad 2{,}66437 \\
\text{Log}\,(1 + \alpha t) &= 0{,}03272 \\
\text{Log}\,(V_1 - v_1) &= 2{,}43933 \\
&\overline{\qquad\qquad} \\
&2{,}47205 \quad \ldots\ldots \quad 2{,}47205 \\
&\qquad\qquad\qquad

valents; $\frac{E}{pD}$, $\frac{e}{pd}$ seront, dans les circonstances données de température et de pression, les volumes correspondant à des poids équivalents, et par suite les volumes ou les multiples des volumes qui pourraient se combiner entre eux pour former un corps défini ou se substituer les uns aux autres dans une combinaison; il en résulte que $\frac{E}{pD}$, $\frac{e}{pd}$ doivent être dans un rapport simple et déterminé. On a donc entre ces quantités la relation $\frac{E}{pD} = K\frac{e}{pd}$, en appelant K le nombre de volumes du premier corps qui équivalent à un volume du second. Si celui-ci est de l'hydrogène, et que l'on admette que l'équivalent de ce corps est représenté par deux volumes, le nombre de volumes de vapeur correspondant à l'équivalent E sera 2K, et l'équation précédente deviendra

$$\frac{E}{D} = K\frac{1}{0{,}0691} \qquad \text{ou} \qquad \frac{D}{\frac{E}{2K}} = 2.0{,}0691 \qquad [3]$$

qui exprime que le rapport de la densité de vapeur d'un corps à la fraction de son équivalent, correspondant à un volume de vapeur, est constant et égal à la double densité de l'hydrogène.

Supposons maintenant que l'analyse d'un corps dont on cherche la formule, donne m de carbone, n d'hydrogène, et p d'oxygène, $m + n + p$ étant égal à 100. Si E est l'équivalent cherché, les quantités de ces corps simples qu'il doit contenir sont évidemment $\frac{mE}{100}$, $\frac{nE}{100}$, $\frac{pE}{100}$ ou mx, nx, px, en posant $\frac{E}{100} = x$; on peut donc représenter cet équivalent par $100x$ et le nombre d'équivalents de carbone, d'hydrogène et d'oxygène dont il doit être composé, par $\frac{mx}{6}$, $\frac{nx}{1}$, $\frac{px}{8}$. Les résultats analytiques conduisent donc à la formule

$$C^{\frac{mx}{6}}\ H^{\frac{nx}{1}}\ O^{\frac{px}{8}}$$

dans laquelle x doit être déterminée par l'étude des réactions ou des propriétés de la substance. Si le corps est volatil, l'équation [3] montre qu'il suffit de connaître la densité de vapeur pour déterminer cette inconnue. Soit, en

effet, 2K le nombre de volumes que doit représenter la formule, on aura entre l'équivalent $100x$ et la densité trouvée D, la relation

$$\frac{D}{\frac{100x}{2K}} = 2 \times 0{,}0691, \qquad \text{et par suite .} \quad x = \frac{KD}{6{,}91}.$$

On peut donc dire que le coefficient de la formule correspondant au corps simple dont e est l'équivalent et m le poids trouvé dans 100 parties de la substance, a pour expression générale $\frac{m}{e}\frac{KD}{6{,}91}$, ou $\frac{m}{e}\frac{D}{3{,}46}$, quand 2K est égal à 4. Dans ce dernier cas, qui est de beaucoup le plus fréquent et le seul admis par l'école unitaire, il suffit donc, pour avoir la formule, de multiplier les quotients $\frac{m}{e}$, $\frac{m'}{e'}$, .. par le rapport de la densité de vapeur à 100 fois la demi-densité de l'hydrogène. On peut remarquer que, les densités des principes constituants n'intervenant pas dans le calcul, le résultat est indépendant de toute hypothèse sur la vapeur du carbone ou de tout autre corps simple non volatil.

La formule ainsi calculée, étant à la fois déduite et de la composition centésimale et de la densité de vapeur, est la représentation fidèle des résultats observés ; mais les données expérimentales, la valeur des équivalents et les lois elles-mêmes qui interviennent dans le calcul, ne pouvant être considérées que comme des approximations, les coefficients seront en général fractionnaires, et cette expression ne saurait être prise pour la formule du corps. On peut voir toutefois, par les exemples suivants, que ces coefficients sont toujours suffisamment rapprochés des nombres entiers qu'il leur faut substituer, pour ne laisser aucun doute sur la formule à attribuer à la substance.

	Données expérimentales[1].		Coefficients calculés.	Formules.
Benzine	Carbone.....	92,62	 12,4	
	Hydrogène....	7,76	 6,2	$C^{12}H^{6}$
		100,38		
	Densité de vapeur.....	2,77		

[1] Benzine et nitrobenzine, M. Mitscherlich ; — butyral, M. Chancel ; — mercaptan, composition, M. Zeise ; densité de vapeur, M. Regnault.

	Données expérimentales.		Coefficients calculés.	Formules.
Butyral	Carbone.....	65,98	 8,3	
	Hydrogène....	11,31	 8,5	$C^8 H^8 O^2$
	Oxygène.....	22,71	 2,1	
		100,00		
	Densité de vapeur.....	2,614		
Mercaptan	Carbone.....	39,05	 4,1	
	Hydrogène....	9,56	 6,1	$C^4 H^6 S^2$
	Soufre.....	51,39	 2,0	
		100,00		
	Densité de vapeur.....	2,188		
Nitrobenzine	Carbone.....	58,53	 12,4	
	Hydrogène....	4,08	 5,2	$C^{12} H^5 N^1 O^4$
	Azote.....	11,70	 1,1	
	Oxygène.....	25,69	 4,1	
		100,00		
	Densité de vapeur.....	4,40		

Table I $\quad \text{Log}\,(1 + \alpha\theta) \qquad \alpha = 0{,}003666$

θ°	Log.	θ°	Log.	θ°	Log.	θ°	Log.	θ°	Log.
1	0,00 159	15	0,02 325	29	0,04 388	43	0,06 358	57	0,08 243
2	317	16	476	30	532	44	496	58	374
3	475	17	626	31	675	45	633	59	505
4	632	18	776	32	818	46	769	60	636
5	789	19	925	33	961	47	905	61	766
6	945	20	0,03 074	34	0,05 103	48	0,07 041	62	896
7	0,01 100	21	222	35	244	49	176	63	0,09 026
8	255	22	369	36	385	50	311	64	155
9	410	23	516	37	525	51	445	65	284
10	564	24	663	38	665	52	579	66	412
11	717	25	809	39	806	53	713	67	540
12	870	26	955	40	944	54	846	68	668
13	0,02 022	27	0,04 100	41	0,06 083	55	978	69	795
14	174	28	244	42	221	56	0,08 111	70	922

θ°	Log.	θ°	Log.	θ°	Log.	θ°	Log.	θ°	Log.
71	0,10 049	105	0,14 145	139	0,17 888	173	0,21 334	207	0,24 527
72	175	106	260	140	993	174	431	208	617
73	300	107	374	141	0,18 099	175	528	209	707
74	426	108	489	142	204	176	625	210	797
75	551	109	603	143	308	177	722	211	887
76	676	110	716	144	412	178	819	212	977
77	800	111	829	145	516	179	915	213	0,25 066
78	924	112	942	146	620	180	0,22 011	214	155
79	0,11 048	113	0,15 055	147	724	181	107	215	245
80	171	114	168	148	827	182	202	216	334
81	294	115	280	149	930	183	298	217	423
82	417	116	392	150	0,19 033	184	393	218	511
83	539	117	503	151	136	185	488	219	599
84	661	118	614	152	238	186	583	220	688
85	782	119	725	153	340	187	677	221	776
86	903	120	836	154	442	188	771	222	864
87	0,12 024	121	947	155	544	189	866	223	951
88	145	122	0,16 057	156	645	190	960	224	0,26 039
89	265	123	167	157	746	191	0,23 053	225	126
90	385	124	276	158	847	192	147	226	213
91	505	125	386	159	948	193	240	227	300
92	624	126	495	160	0,20 048	194	333	228	387
93	743	127	604	161	149	195	426	229	474
94	861	128	712	162	249	196	519	230	560
95	980	129	820	163	349	197	612	231	647
96	0,13 098	130	928	164	448	198	704	232	733
97	215	131	0,17 036	165	547	199	796	233	819
98	333	132	143	166	646	200	888	234	905
99	450	133	250	167	745	201	980	235	990
100	566	134	357	168	844	202	0,24 072	236	0,27 075
101	683	135	464	169	943	203	163	237	161
102	799	136	571	170	0,21 041	204	254	238	246
103	914	137	677	171	139	205	345	239	331
104	0,14 030	138	782	172	237	206	436	240	416

θ°	Log.	θ°	Log.	θ°	Log.	θ°	Log.	θ°	Log.
241	0,27 500	253	0,28 503	265	0,29 483	277	0,30 442	289	0,31 380
242	585	254	586	266	564	278	521	290	457
243	669	255	668	267	645	279	600	291	534
244	753	256	750	268	725	280	678	292	611
245	837	257	832	269	805	281	757	293	688
246	921	258	914	270	885	282	835	294	765
247	0,28 005	259	996	271	965	283	913	295	841
248	088	260	0,29 078	272	0,30 045	284	991	296	918
249	171	261	159	273	125	285	0,31 069	297	994
250	255	262	240	274	204	286	147	298	0,32 070
251	338	263	321	275	283	287	225	299	146
252	420	264	402	276	363	288	302	300	222

Table II Log δ $\delta = \frac{H.0,0012932}{760}$

H	Log.	H	Log.	H	Log.	H	Log.	H	Log.
721	$\bar{3}$,08 880	733	$\bar{3}$,09 596	745	$\bar{3}$,10 302	757	$\bar{3}$,10 996	769	$\bar{3}$,11 679
722	940	734	656	746	360	758	$\bar{3}$,11 053	770	735
723	$\bar{3}$,09 000	735	715	747	418	759	110	771	791
724	060	736	774	748	476	760	167	772	848
725	120	737	833	749	534	761	224	773	904
726	180	738	892	750	592	762	281	774	960
727	239	739	950	751	650	763	338	775	$\bar{3}$,12 016
728	299	740	$\bar{3}$,10 009	752	708	764	395	776	072
729	358	741	068	753	765	765	452	777	128
730	418	742	126	754	823	766	509	778	184
731	478	743	185	755	881	767	566	779	240
732	537	744	243	756	938	768	622	780	295

Table III $V K\theta$ $K = 0{,}00003$

V	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
210	0,00 63	0,01 26	0,01 9	0,02 5	0,03 1	0,03 8	0,04 4	0,05 0	0,05 7
220	66	32	0,02 0	6	3	0,04 0	6	3	9
230	69	38	1	8	4	1	8	5	0,06 2
240	72	44	2	9	6	3	0,05 0	8	5
250	75	50	2	0,03 0	7	5	2	0,06 0	7
260	78	56	3	1	9	7	5	2	0,07 0
270	81	62	4	2	0,04 0	9	7	5	3
280	84	68	5	4	2	0,05 0	9	7	6
290	87	74	6	5	3	2	0,06 1	0,07 0	8
300	90	80	7	6	5	4	3	2	8,08 1
310	93	86	8	7	6	6	5	4	4
320	96	92	9	8	8	8	7	7	6
330	99	98	0,03 0	0,04 0	9	9	9	9	9
340	0,01 02	0,02 04	1	1	0,05 1	0,06 1	0,07 1	0,08 2	0,09 2
350	05	10	1	2	2	3	3	4	4
360	08	16	2	3	4	5	6	6	7
370	11	22	3	4	5	7	8	9	0,10 0
380	14	28	4	6	7	8	0,08 0	0,09 1	3
390	17	34	5	7	8	0,07 0	2	4	5
400	20	40	6	8	0,06 0	2	4	6	8

Table IV $v\alpha\theta$ $\alpha = 0{,}003666....$

v	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°
1	0,0 037	0,0 073	0,0 11	0,0 15	0,0 18	0,0 22	0,0 26	0,0 29	0,0 33
2	073	147	22	29	37	44	51	59	66
3	110	220	33	44	55	66	77	88	99
4	147	293	44	59	73	88	0,1 03	0,1 17	0,1 32
5	183	367	55	73	92	0,1 10	28	47	65
6	220	440	66	88	0,1 10	32	54	76	98
7	257	513	77	0,1 03	28	54	80	0,2 05	0,2 31
8	293	587	88	17	47	76	0,2 05	35	64
9	330	660	99	32	65	98	31	64	97
10	367	733	0,1 10	47	83	0,2 20	57	93	0,3 30
11	403	807	21	61	0,2 02	42	82	0,3 23	63
12	440	880	32	76	20	64	0,3 08	52	96
13	447	953	43	91	58	86	34	81	0,4 29
14	513	0,1 027	54	0,2 05	57	0,3 08	59	0,4 11	62
15	550	100	65	20	75	30	85	40	95
16	587	173	76	35	93	52	0,4 11	69	0,5 28
17	623	247	87	49	0,3 12	74	36	99	61
18	660	320	98	64	30	96	62	0,5 28	94
19	697	393	0,2 09	79	48	0,4 18	88	57	0,6 27
20	733	467	20	93	67	40	0,5 13	87	60

Les tables I et II donnent immédiatement les valeurs de $\mathrm{Log}(1+\alpha\vartheta)$ en fonction de la température θ, et de $\mathrm{Log}\,\delta$ en fonction de la pression observée H. Dans les deux dernières tables on ne trouve les produits $VK\vartheta$, $v\alpha\vartheta$ correspondant à une valeur donnée de V et de v, que pour les neuf premiers degrés de l'échelle thermométrique, ou en plaçant convenablement la virgule, pour un nombre de degrés 10, 100 fois plus grand ; mais une simple addition permet d'en déduire la valeur de V_1 et de v_1. Soit, en effet :

$$V = 277^{cc},6 \qquad v = 2^{cc},5 \qquad \text{et } \vartheta = T - t = 163^{o},7$$

v et surtout V n'étant pas déterminés à un dixième de centimètre cube près, il est inutile de chercher dans le calcul de $VK(T-t)$ et $v\alpha(T-t)$ une plus grande approximation ; il est donc permis de prendre $T - t = 164^{o}$ et $V = 280^{cc}$.

La table III donne alors

$$\text{pour } V = 280 \text{ et } \theta = \left\{\begin{array}{rrr} 100 & \ldots & 0,84 \\ 60 & \ldots & 0,50 \\ 4 & \ldots & 0,03 \end{array}\right\} = VK(T-t)$$

qui ajoutés à ..... 276,60 $= V$

donnent pour $V[1+K(T-t)] = V_1$ ..... 278,97 ou 279^{cc}

et la table IV

$$\left.\begin{array}{rrrr} \text{pour } v = 2 \text{ et } \theta = & 100 & \ldots & 0,73 \\ & 60 & \ldots & 0,44 \\ & 4 & \ldots & 0,03 \\ \text{et pour } v = 0,5 \text{ et } \theta = & 100 & \ldots & 0,18 \\ & 60 & \ldots & 0,11 \\ & 4 & \ldots & 0,01 \end{array}\right\} = v\alpha(T-t)$$

qui ajoutés à ..... 2,50 $= v$

donnent pour $v[1+\alpha(T-t)] = v_1$ 4,00

THÉORIE DE L'ELLIPSE

DÉDUITE

D'UNE TRANSFORMATION PARTICULIÈRE DU CERCLE,

Par M. LENTHÉRIC.

1. Le tracé ordinaire de l'ellipse qui consiste, comme l'on sait, à augmenter ou à réduire proportionnellement les ordonnées d'un cercle, indique une transformation très-simple qui permet, en particulier, de déduire la théorie de l'ellipse de celle du cercle avec la plus grande facilité.

On y est conduit en modifiant ce tracé de la manière suivante :

Soit (*fig.* 1) un cercle de rayon OA et B un point quelconque de son plan; menons le diamètre perpendiculaire à OB et l'ordonnée MP d'un point quelconque M de la circonférence ; si l'on joint AM, coupant le diamètre en C, la ligne BC détermine, sur l'ordonnée, le point correspondant M′ d'une ellipse ayant pour demi-axe OA et OB.

On transformera de même tout autre point du plan du cercle. Soit Q un de ces points et QR son ordonnée ; si l'on joint AQ coupant le diamètre en E, la ligne BE détermine, sur l'ordonnée, le point correspondant Q′ par rapport à l'ellipse.

De même : Soit Q′ un point considéré par rapport à l'ellipse et Q′R son ordonnée ; si l'on joint BQ′ coupant le diamètre en E, la ligne AE détermine, sur l'ordonnée, le point correspondant Q par rapport au cercle.

Nous appellerons *axe de transformation* le diamètre perpendiculaire à OB ; nous désignerons par des lettres sans accent les points considérés par rapport au cercle, et par les mêmes lettres accentuées les points correspondants par rapport à l'ellipse.

N. B. On pourrait prendre pour axe une droite quelconque XY et se donner les deux points fixes A et B sur une même perpendiculaire à cette droite. En transformant une figure quelconque, on obtiendrait sa projection sur un plan passant par l'axe, et dont l'inclinaison aurait pour cosinus le rapport de OA à OB ; et réciproquement, la projection étant donnée, on retrouverait la figure primitive. Ainsi, la transformation revient à la méthode des projections, mais elle offre l'avantage de ne pas exiger, pour des études de géométrie plane, des considérations de géométrie de l'espace.

Enfin, on pourrait prendre les deux points fixes A et B sur une droite oblique à l'axe, et mener les ordonnées parallèlement à cette droite.

Du mode de transformation résultent ces quatre principes :

I. *Une droite se transforme en une autre droite coupant l'axe au même point.*

II. *Des distances sur une même droite se transforment en distances proportionnelles sur la nouvelle droite.*

III. *Des parallèles se transforment en d'autres parallèles.*

IV. *Les surfaces sont aux surfaces transformées dans un rapport constant.*

Les trois premiers principes sont de toute évidence. Le quatrième résulte de ce que les ordonnées des sommets correspondants des deux surfaces sont dans le rapport de OB à OA, et que les abscisses sont les mêmes. Donc les triangles ou trapèzes rectangles au moyen desquels on évaluerait les deux surfaces, en prenant l'*axe* pour *base*, sont dans le rapport de OB à OA, qui est aussi celui des deux surfaces. On retrouve ainsi ce théorème :

La projection est égale au produit de la surface par le cosinus de l'angle d'inclinaison.

Cela posé, prenons pour *axe* le diamètre d'un cercle, et étudions les propriétés de l'*ellipse* qui résulte de la transformation de ce cercle.

2. *Centre de l'ellipse.* — A une corde C'D' de l'ellipse passant par le centre O du cercle (*fig.* 2) correspond un diamètre CD du cercle (I); mais à cause de CO = OD, on a C'O = OD' (II); par conséquent le centre O du cercle est aussi celui de l'ellipse.

3. *Diamètres.* — A une droite C'D' de l'ellipse passant par le centre O correspond un diamètre CD du cercle. Or le diamètre CD du cercle est le lieu des milieux d'un système de cordes parallèles de ce cercle; donc (II et III) toute droite C'D' passant par le centre de l'ellipse est le lieu des milieux d'un système de cordes parallèles de l'ellipse, ou est un *diamètre* de la courbe.

4. *Axes.* — Le diamètre CD du cercle et la corde perpendiculaire GI correspondent à un diamètre C'D' de l'ellipse et à la corde *conjuguée* G'I' coupant l'axe au même point K. Si la corde GI du cercle tourne autour du point K, son milieu E décrit une circonférence dont le diamètre est OK. Donc l'angle OE'K du diamètre de l'ellipse avec la corde conjuguée ne sera droit que lorsque le point E' sera sur la circonférence; ce qui ne peut arriver que lorsque le point E' se confond avec le point E, en O ou en K. Ainsi : Le diamètre du cercle que l'on prend pour axe et le diamètre perpendiculaire sont les seuls qui donnent des diamètres de l'ellipse perpendiculaires aux cordes conjuguées ou des *axes* de la courbe.

N. B. Le lieu du point E' est une ellipse semblable et semblablement placée, ayant OK pour grand axe. Car des cercles peuvent être considérés comme des polygones semblables et semblablement placés. Or, ces polygones se décomposent en un même nombre de triangles semblables chacun à chacun et ayant les côtés parallèles. La transformation n'altérant pas le parallélisme des côtés, laisse donc subsister la similitude, quelle que soit d'ailleurs la droite que l'on prenne pour axe de transformation.

Il en résulte que tous les cercles, situés sur un même plan, se projettent, sur un nouveau plan, suivant des ellipses semblables et semblablement placées, dont les axes ont des directions parallèles et perpendiculaires à l'intersection des deux plans.

On peut en conclure ce théorème :

Étant données, sur un même plan, deux ellipses concentriques semblables et semblablement placées, toute corde de la plus grande tangente à la plus petite la touchera au milieu de sa longueur.

5. *Longueur des diamètres.* — Soient a, b les demi-axes OA, OB. Le triangle rectangle OC'P donne $OC'^2 = OP^2 + C'P^2$. Mais $C'P^2 = \frac{b^2}{a^2} CP^2$, et $CP^2 = a^2 - OP^2$. Substituant et désignant par a' le demi-diamètre OC', il vient : $a'^2 = b^2 + \left(1 - \frac{b^2}{a^2}\right) OP^2$. Ou bien, supposant $a > b$ et posant $a^2 - b^2 = c^2$

$$a'^2 = b^2 + \frac{c^2}{a^2} OP^2 ;$$

$OP = 0$ donne $a' = b$. a' augmente avec OP et est maximum si $OP = a$, d'où $a' = a$. Ainsi : *Les deux axes de l'ellipse sont, l'un le plus petit et l'autre le plus grand diamètre de la courbe.*

6. *Équation aux axes.* — Posons $OP = x$ et $C'P = y$. Le triangle OCP donne $x^2 + CP^2 = a^2$. Mais $CP^2 = \frac{a^2}{b^2} y^2$, et substituant, on a pour équation de l'ellipse rapportée à ses axes

$$a^2y^2 + b^2x^2 = a^2b^2 .$$

7. *Diamètres conjugués.* — On appelle ainsi deux diamètres tels que chacun d'eux divise en parties égales les cordes parallèles à l'autre. Les diamètres correspondants du cercle doivent donc jouir de la même propriété (II et III) ; ce qui exige qu'ils soient perpendiculaires l'un à l'autre.

Ainsi : *L'ellipse a une infinité de systèmes de diamètres conjugués qui correspondent à chacun des systèmes de diamètres rectangulaires du cercle.*

Deux diamètres rectangulaires du cercle ne sont pas situés dans le même angle de deux autres diamètres rectangulaires ; donc :

Deux diamètres conjugués de l'ellipse ne sont pas situés dans le même angle de deux autres diamètres conjugués.

Deux diamètres rectangulaires du cercle sont parallèles aux côtés d'un

angle inscrit dans la demi-circonférence qui a pour base le diamètre que l'on prend pour axe de transformation ; donc :

Deux diamètres conjugués de l'ellipse sont parallèles aux côtés d'un angle inscrit dans la demi-ellipse qui a pour base le grand axe.

Pour que l'angle inscrit dans la demi-ellipse soit droit, il faut que l'angle inscrit dans la demi-circonférence soit formé par le diamètre et la tangente à l'une de ses extrémités ; donc :

Les axes de l'ellipse forment un système unique de diamètres conjugués rectangulaires.

Par conséquent : *Deux diamètres conjugués de l'ellipse ne sont pas situés dans le même angle des axes.*

Un cercle passant par l'extrémité supérieure du petit axe et par les extrémités du grand, est évidemment intérieur à l'ellipse au-dessus du grand axe. Donc l'angle inscrit dans la demi-ellipse est maximum lorsqu'il a son sommet à l'extrémité du petit axe.

Par conséquent : *Les diamètres conjugués de l'ellipse qui font entre eux le plus grand angle, sont dirigés suivant les diagonales du rectangle des axes.*

Il existe deux systèmes de diamètres conjugués qui font entre eux un angle donné moindre que l'angle maximum. Ils correspondent aux deux systèmes de diamètres rectangulaires du cercle qui ont des positions symétriques par rapport à l'axe.

8. *Cordes supplémentaires.*— On appelle ainsi deux cordes menées d'un point quelconque de l'ellipse aux extrémités d'un même diamètre.

Deux cordes supplémentaires sont parallèles à deux diamètres conjugués. Car les cordes correspondantes du cercle sont parallèles à deux diamètres rectangulaires du cercle.

En décrivant sur un diamètre de l'ellipse un segment de cercle capable d'un angle donné, on trouve deux systèmes de cordes supplémentaires, et par suite deux systèmes de diamètres conjugués qui se coupent sous cet angle.

N. B. Appelons α, β les angles de deux diamètres rectangulaires du cercle CD, LN avec l'axe, et α', β' les angles des diamètres conjugués corres-

pondants C'D', L'N'. On a tang $\alpha = \frac{EH}{OH}$, tang $\alpha' = \frac{E'H}{OH}$, et comme $E'H = \frac{b}{a} EH$, il vient tang $\alpha' = \frac{b}{a}$ tang α. De même tang $\beta' = \frac{b}{a}$ tang β. Multipliant, à cause de tang α tang $\beta = -1$, on trouve la relation connue tang α' tang $\beta' = -\frac{b^2}{a^2}$, de laquelle on déduirait l'angle des deux diamètres conjugués et les équations $y = mx$, $y = -\frac{b^2}{a^2 m} x$ de ces diamètres.

9. *Diamètres conjugués égaux.* — Soient a', b' les demi-diamètres conjugués OC', OL'; on a : $a'^2 = b^2 + \frac{c^2}{a^2} OP^2$, et $b'^2 = b^2 + \frac{c^2}{a^2} OQ^2$.

Pour que $a' = b'$, il faut que OP = OQ. Mais OQ = CP : donc il faut que OP = CP, ou que le diamètre OC du cercle soit incliné à 45°; par suite OL est aussi incliné à 45° en sens contraire.

Ainsi : *L'ellipse a un système unique de diamètres conjugués égaux dirigés suivant les diagonales des rectangles des axes;*

Par conséquent : *Les diamètres conjugués égaux sont ceux qui se coupent sous le plus grand angle.*

OQ = CP et $OP^2 + CP^2 = a^2$; donc $a'^2 + b'^2 = 2b^2 + c^2 = a^2 + b^2$.

Ainsi : *La somme des carrés des diamètres conjugués est constante.*

Équation aux diamètres conjugués. — Soient OC', OL' deux demi-diamètres conjugués, et G' un point de l'ellipse. Menons G'E' parallèle à OL'; G'E' sera l'ordonnée y et OE' sera l'abscisse x du point G' de la courbe rapportée aux diamètres conjugués. En transformant, on a le point correspondant G du cercle et les rayons perpendiculaires OC, OL.

La parallèle GE à OL coupe l'axe au même point K que G'E'; d'où GE : y :: GK : G'K. A cause des triangles semblables GKG', LOL', on a : GK : G'K :: OL : OL' ou :: a : b'; donc GE : y :: a : b' et $GE = \frac{ay}{b'}$. Le triangle COC' donne OE : x :: a : a'; d'ou $OE = \frac{ax}{a'}$. Mais $GE^2 + OE^2 = a^2$. Substituant, on trouve $a'^2y^2 + b'^2x^2 = a'^2b'^2$ pour équation de l'ellipse rapportée aux deux diamètres conjugués.

Ainsi : *L'équation de l'ellipse conserve la même forme par rapport à un système quelconque de diamètres conjugués.*

Si l'on prend pour axes les diamètres conjugués égaux, l'équation prend la forme $y^2 + x^2 = \frac{a^2 + b^2}{2}$ de celle du cercle.

11. *Tangentes.*— Soit C' (*fig.* 2) un point de l'ellipse par lequel on veut mener une tangente; on mènera une tangente CT au cercle par le point correspondant, et C'T sera tangente à l'ellipse.

La tangente en un point du cercle est parallèle au diamètre perpendiculaire à celui qui passe par le point de contact; donc :

La tangente en un point de l'ellipse est parallèle au conjugué du diamètre qui passe par le point de contact.

Pour mener des tangentes à l'ellipse par un point extérieur, on transformerait de même les tangentes au cercle par le point correspondant. Ainsi, le tracé des tangentes, par un point extérieur, n'exige pas celui de la courbe, dont il suffit de connaître les axes.

N. B. Les constructions qui donnent les tangentes au cercle, par un point extérieur, s'appliquent à l'ellipse en remplaçant les circonférences par des ellipses semblables à la proposée.

La *polaire* d'un point du cercle se transforme en polaire du point correspondant de l'ellipse. Or, la polaire d'un point du cercle est perpendiculaire au diamètre qui passe par le point; donc :

La polaire d'un point de l'ellipse est parallèle au conjugué du diamètre qui passe par le point.

d et d' étant les distances du pôle et de la polaire au centre, estimées suivant le diamètre qui passe par le pôle, et a' étant la longueur du demi-diamètre, on a : $d \times d' = a'^2$.

La polaire d'un point extérieur de l'ellipse est la corde de contact des deux tangentes menées par ce point, ce qui offre un nouveau moyen de construire ces tangentes.

On voit comment il faudrait opérer, soit pour mener des tangentes à l'ellipse parallèles à une droite donnée, soit pour mener des tangentes faisant un angle donné avec une droite donnée.

12. Deux droites rectangulaires du plan du cercle se transforment en deux droites parallèles à deux diamètres conjugués de l'ellipse, et que l'on appelle à cause de cela *droites conjuguées;* et réciproquement, deux droites conjuguées du plan de l'ellipse se transforment en deux droites rectangulaires du plan du cercle. Cette remarque donne lieu à un très-grand nombre d'applications. Par exemple, les parallélogrammes que l'on forme en menant des tangentes à l'ellipse par les extrémités de deux diamètres conjugués, et que l'on appelle *parallélogrammes conjugués*, correspondent à des carrés circonscrits au cercle. Or, la surface des carrés circonscrits au cercle est constante et le lieu des sommets est une circonférence concentrique; donc:

La surface des parallélogrammes conjugués est constante, et le lieu des sommets de ces parallélogrammes est une ellipse concentrique semblable et semblablement placée.

On sait, et l'on démontre facilement, que les pieds des perpendiculaires abaissées d'un point de la circonférence sur les côtés d'un triangle inscrit, sont en ligne droite; donc:

Si, par un point quelconque du périmètre de l'ellipse, on mène les droites conjuguées des trois côtés d'un triangle inscrit, elles coupent respectivement les côtés du triangle en trois points situés en ligne droite.

Le rectangle des parties d'une tangente fixe comprises entre le point de contact et deux diamètres conjugués quelconques est constant.

Le produit des segments interceptés sur deux tangentes fixes par une tangente mobile est constant.

13. *Trouver, sans tracer la courbe, les intersections d'une ellipse dont on a les axes avec une droite quelconque.*

On transformera les points d'intersection de la droite correspondante avec le cercle.

14. *Surface de l'ellipse.*— La surface de l'ellipse est à celle du cercle dans le rapport de b à a (IV); donc elle est égale à $\pi a^2 \times \frac{b}{a}$ ou à πab, et on voit qu'elle est moyene proportionnelle entre celle des cercles πa^2 et πb^2, décrits sur les deux axes comme diamètres.

N. B. *Un système quelconque de diamètres conjugués partage la surface de l'ellipse en quatre parties équivalentes.*

15. Les polygones inscrits ou circonscrits au cercle dont la surface est constante ou dont la surface est maximum ou minimum parmi celles des polygones d'un même nombre de côtés, se transforment en polygones inscrits ou circonscrits à l'ellipse qui jouissent de la même propriété.

Ainsi : *Tous les polygones inscrits à l'ellipse que l'on obtient en transformant des polygones réguliers d'un même nombre de côtés inscrits au cercle, ont une surface constante et maximum. Tous ces polygones sont circonscrits à une nouvelle ellipse concentrique semblable et semblablement placée.*

Si le nombre des côtés est impair, le diamètre mené par chaque sommet est conjugué de la direction du côté opposé et des cordes qui joignent deux à deux les autres sommets ; les autres côtés se coupent deux à deux sur ce diamètre.

Si le nombre des côtés est simplement pair, le polygone a ses côtés parallèles deux à deux. Les lignes qui joignent les milieux des côtés opposés forment deux à deux des systèmes de diamètres conjugués avec celles qui joignent les milieux des côtés opposés.

Si le nombre des côtés est doublement pair, les lignes qui joignent les sommets opposés forment deux à deux des systèmes de diamètres conjugués, et il en est de même de celles qui joignent les milieux des côtés opposés.

Les tangentes menées à l'ellipse par les sommets d'un polygone maximum inscrit, forment un polygone circonscrit dont la surface est constante et minimum. Ce polygone est inscrit à une nouvelle ellipse concentrique semblable et semblablement placée.

On obtient directement le polygone minimum circonscrit, en transformant le polygone régulier d'un même nombre de côtés circonscrit au cercle.

Si le nombre des côtés est impair, les lignes qui joignent chaque sommet au point de contact du côté opposé se coupent au centre, etc.

N. B. Les polygones inscrits ou circonscrits à l'ellipse dont la surface est maximum ou minimum, ont pour centre de gravité le centre de l'ellipse.

Nous allons étudier en particulier les triangles et les quadrilatères inscrits ou circonscrits à l'ellipse.

16. *Inscrire à l'ellipse un triangle maximum.* — Ce triangle doit correspondre à un triangle équilatéral inscrit au cercle. Or, le côté du triangle équilatéral est perpendiculaire à un diamètre qu'il coupe au quart de sa longueur; donc on obtiendra un triangle maximum inscrit à l'ellipse, en menant un diamètre et une corde parallèle au conjugué par le quart de sa longueur. La corde sera la base du triangle qui aura pour sommet l'autre extrémité du diamètre.

Tous les triangles maxima inscrits à l'ellipse sont circonscrits à une nouvelle ellipse concentrique semblable et semblablement placée, dont les axes sont moitié moindres.

La surface du triangle équilatéral inscrit au cercle étant $\frac{3}{4} a^2 \sqrt{3}$, celle du triangle maximum inscrit à l'ellipse est $\frac{3}{4} ab \sqrt{3}$.

17. *Circonscrire à un triangle donné une ellipse minimum.* — L'ellipse a pour centre le centre de gravité du triangle, et nous en avons indiqué le tracé, par de simples intersections de droites, dans la deuxième partie de la *Transformation newtonienne.* (Voir tom. IV de ce Recueil, pag. 388, *fig.* 24.)

Soient a, b les demi-axes de cette ellipse. Le triangle donné étant un triangle maximum inscrit, a pour surface $\frac{3}{4} ab \sqrt{3}$. Pour toute autre ellipse circonscrite ayant pour demi-axes a', b', la surface du triangle maximum inscrit serait $\frac{3}{4} a'b' \sqrt{3}$. On aurait donc $a'b' > ab$, ou $\pi a'b' > \pi ab$.

18. *Circonscrire à l'ellipse un triangle minimum.* — Ce triangle doit correspondre à un triangle équilatéral circonscrit au cercle, dont la hauteur est égale à trois fois le rayon. Par conséquent, en prolongeant un diamètre de l'ellipse d'une longueur égale à sa moitié, et en menant des tangentes par le point ainsi déterminé et par l'autre extrémité du diamètre, on formera un triangle minimum circonscrit. On l'obtiendrait aussi en menant des tangentes par les sommets d'un triangle maximum inscrit.

Tous les triangles minima circonscrits à l'ellipse sont inscrits à une ellipse concentrique semblable et semblablement placée, dont les axes sont doubles. La surface du triangle minimum circonscrit est $3ab\sqrt{3}$.

19. *Inscrire à un triangle donné une ellipse maximum.* — L'ellipse a pour centre de gravité celui du triangle, et elle est circonscrite au triangle qui aurait pour sommets les milieux des côtés du premier.

Soient a et b les demi-axes de cette ellipse, le triangle donné étant un triangle minimum circonscrit, aura pour surface $3ab\sqrt{3}$. Pour toute autre ellipse inscrite ayant pour demi-axes a', b', la surface du triangle minimum circonscrit serait $3a'b'\sqrt{3}$, et on aurait $a'b' < ab$, ou $\pi a'b' < \pi ab$.

20. *Inscrire à une ellipse un quadrilatère maximum.* — Ce quadrilatère doit correspondre à un carré inscrit au cercle.

Donc : *Le quadrilatère maximum inscrit à l'ellipse est un parallélogramme qui a pour diagonales deux diamètres conjugués.*

Tous les autres parallélogrammes inscrits à l'ellipse correspondent à des rectangles inscrits au cercle ; par conséquent, les côtés adjacents sont parallèles à des diamètres conjugués.

Le parallélogramme devient un losange lorsqu'il a pour diagonales deux diamètres rectangulaires de l'ellipse.

Ainsi : *On peut inscrire à l'ellipse une infinité de losanges, et le losange maximum est celui qui a pour diagonales les axes.*

Le parallélogramme devient un rectangle lorsque ses côtés sont parallèles aux axes ; donc : *On peut inscrire à l'ellipse une infinité de rectangles, et le rectangle maximum est celui qui a pour diagonales les diamètres conjugués égaux.*

Pour que le rectangle devienne un carré, il faut que ses sommets soient à égale distance des axes ; donc : *On ne peut inscrire à l'ellipse qu'un seul carré qui a pour diagonales les diamètres bissecteurs des angles des axes; ce carré est le losange minimum inscrit.*

21. *Circonscrire à un parallélogramme donné une ellipse minimum.* — C'est l'ellipse qui a pour diamètres conjugués les diagonales du parallélogramme, et dont nous avons indiqué divers tracés par de simples intersections de droites. (Tom. IV de ce Recueil, pag. 60, *fig.* 6.)

Car le parallélogramme donné étant le quadrilatère maximum inscrit, aura pour surface $2a^2 \times \frac{b}{a} = 2ab$. Pour toute autre ellipse circonscrite, la surface du parallélogramme maximum serait $2a'b'$, et on aurait $a'b' > ab$, ou $\pi a'b' > \pi ab$.

22. *Circonscrire à l'ellipse un quadrilatère minimum.* — Ce quadrilatère doit correspondre à un carré circonscrit au cercle ; par conséquent : *Le quadrilatère minimum circonscrit à l'ellipse est le parallélogramme conjugué.*

Tous les autres parallélogrammes circonscrits à l'ellipse correspondent à des losanges circonscrits au cercle ; donc les diagonales sont dirigées suivant deux diamètres conjugués.

Le parallélogramme devient un losange lorsque les diagonales sont dirigées suivant les axes ; ainsi : *On peut circonscrire à l'ellipse une infinité de losanges, et le losange minimum est celui dont les côtés sont parallèles aux diamètres conjugués égaux.*

Le parallélogramme devient un rectangle lorsque les diagonales sont égales. Soient a', b' les demi-diamètres conjugués suivant lesquels sont dirigées ces diagonales que nous prendrons pour axes, d la demi-diagonale et x, y les coordonnées d'un point de contact : par la propriété des polaires, $dx = a'^2$ et $dy = b'^2$; mais $a'^2y^2 + b'^2x^2 = a'^2b'^2$; éliminant x, y, on trouve $d^2 = a'^2 + b'^2$. Ainsi, la longueur des diagonales de tous les rectangles circonscrits est la même, ou en d'autres termes :

Le lieu des sommets de tous les rectangles circonscrits à une ellipse est une circonférence concentrique.

Les quatre sommets d'un rectangle sont les intersections de cette circonférence avec deux diamètres conjugués.

Ainsi : *On peut circonscrire à l'ellipse une infinité de rectangles. Le rectangle minimum est le rectangle des axes, et le rectangle maximum est le carré dont les diagonales sont dirigées suivant les axes. C'est le seul carré que l'on puisse circonscrire à l'ellipse.*

23. *Inscrire dans un parallélogramme une ellipse maximum.* — C'est

l'ellipse minimum circonscrite au parallélogramme qui a pour sommets les milieux des côtés du parallélogramme donné.

24. *Foyers.*— Les foyers sont deux points F, F′ (*fig.* 3) situés sur le grand axe, de part et d'autre du centre, à la distance $OF = OF' = \sqrt{a^2 - b^2} = c$. L'ordonnée des points de la circonférence qui se projettent en F et F′ est égale à b. L'ordonnée des points correspondants de l'ellipse est $\frac{b^2}{a}$, dont le double est ce qu'on appelle le *paramètre* de l'ellipse.

ρ désignant le rayon vecteur FM′, on a par le triangle OM′F, $\rho^2 = a'^2 + c^2 - 2cx$; et à cause de $a'^2 = b^2 + \frac{c^2}{a^2} x^2$, ρ^2 devient un carré et $\rho = a - \frac{cx}{a}$. ρ' désignant l'autre rayon vecteur F′M′, on a, en changeant c en $-c$, $\rho' = a + \frac{cx}{a}$, et par suite $\rho + \rho' = 2a$.

Ainsi : *L'ellipse est le lieu des points dont la somme des distances à deux points fixes est constante.*

25. *Directrices.* — Les directrices sont les polaires des foyers ; par conséquent leur distance au centre est $\frac{a^2}{c}$. En appelant d la distance d'un point de l'ellipse à la directrice, $d = \frac{a^2}{c} - x$; mais $\rho = a - \frac{cx}{a}$, d'où $\frac{d}{\rho} = \frac{c}{a}$.

Ainsi : *L'ellipse est le lieu des points dont les distances à un point fixe et à une droite fixe sont dans un rapport constant moindre que* 1.

Menant la tangente M′T ; $TF = OT - OF = \frac{a^2}{x} - c = \frac{a\rho}{x}$. De même, $TF' = \frac{a\rho'}{x}$; donc $TF : TF' :: \rho : \rho'$.

Ainsi : *La tangente divise en parties égales le supplément de l'angle des deux rayons vecteurs*, et par suite *la normale divise en parties égales l'angle des deux rayons vecteurs.*

Prolongeons le rayon vecteur M′F′ d'une longueur M′E = M′F, le triangle FM′E sera isocèle et $OD = \frac{1}{2} F'E = a$.

Donc : *Le lieu des projections des foyers sur les tangentes à l'ellipse est la circonférence décrite sur le grand axe.*

Cette circonférence est touchée au point D par celle qui serait décrite sur le rayon vecteur M'F comme diamètre.

Ainsi : *La circonférence décrite sur le grand axe de l'ellipse est tangente à toutes les circonférences qui ont pour diamètres les rayons vecteurs.*

Il en résulte de nouveaux procédés pour le tracé des tangentes de l'ellipse, qui ne sont pas signalés dans les traités élémentaires, et qui s'étendent aux autres coniques, en se rappelant : que pour l'hyperbole, le lieu des projections des foyers est le cercle qui a pour diamètre l'axe transverse ; et que pour la parabole, le lieu des projections des foyers est la tangente au sommet.

En effet, soit proposé de mener les tangentes à l'ellipse par le point extérieur Q ; joignons ce point à l'un des foyers par la droite QF', et sur cette droite comme diamètre décrivons une circonférence coupant la circonférence, lieu des projections des foyers, en R et en S ; QR et QS seront les tangentes de l'ellipse.

Si le point Q était sur l'ellipse en M', la circonférence décrite sur M'F serait tangente en D, et M'D serait la tangente à l'ellipse. On peut aussi l'obtenir en joignant le centre O au point G, milieu du rayon vecteur M'F, et prenant sur OG une longueur OD égale au demi-grand axe.

Cette circonférence, lieu des projections des foyers, intervient souvent dans la construction des coniques.

Soit proposé, par exemple, *d'inscrire à un triangle donné une ellipse ayant pour foyer un point quelconque intérieur.* L'ellipse a pour centre celui du cercle passant par les pieds des perpendiculaires abaissées du point sur les trois côtés du triangle, et on l'obtiendrait en transformant ce cercle.

Fig. 1.

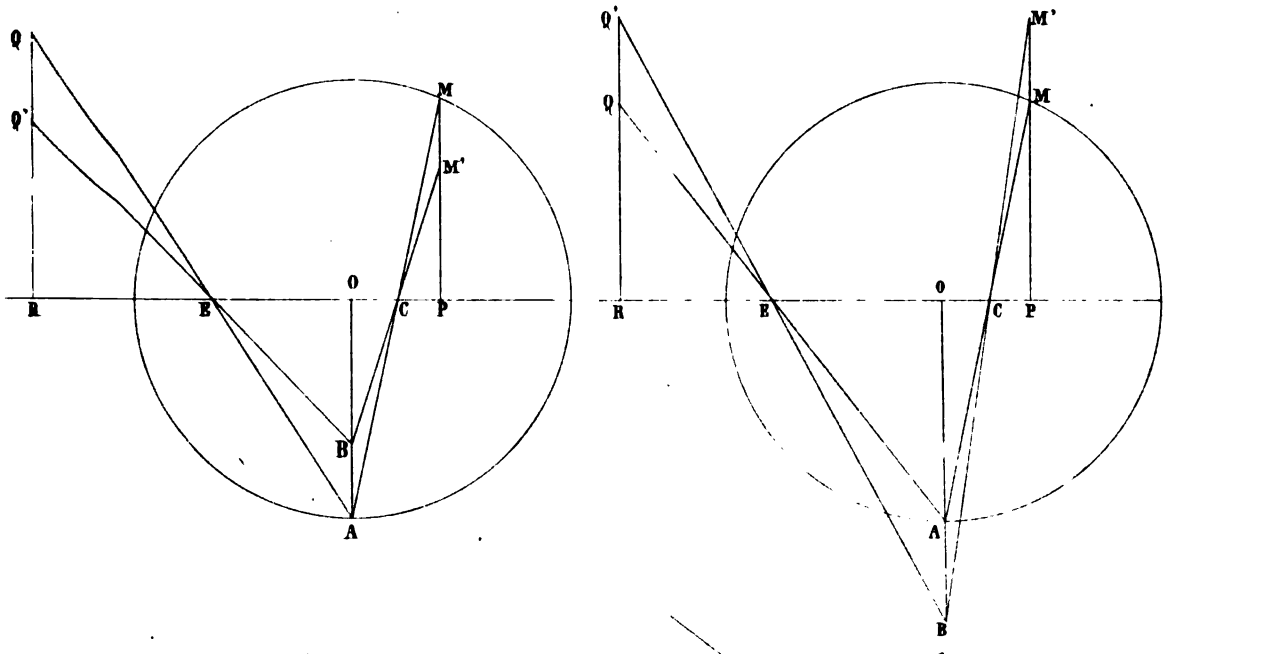


Fig. 2.

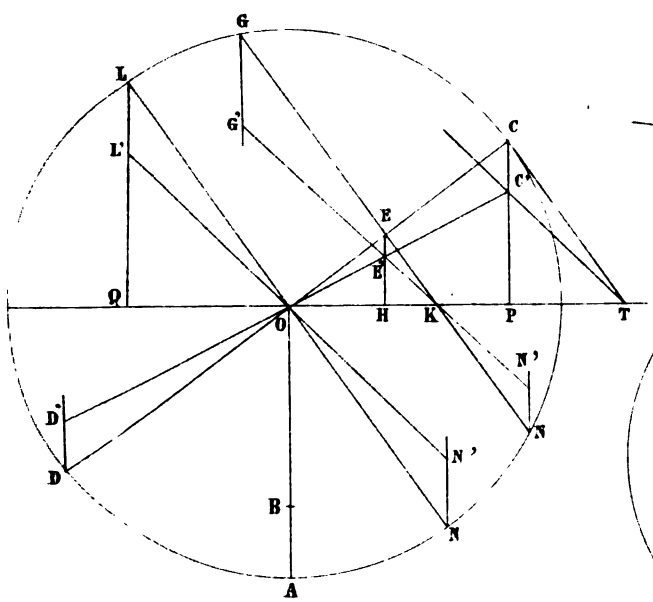
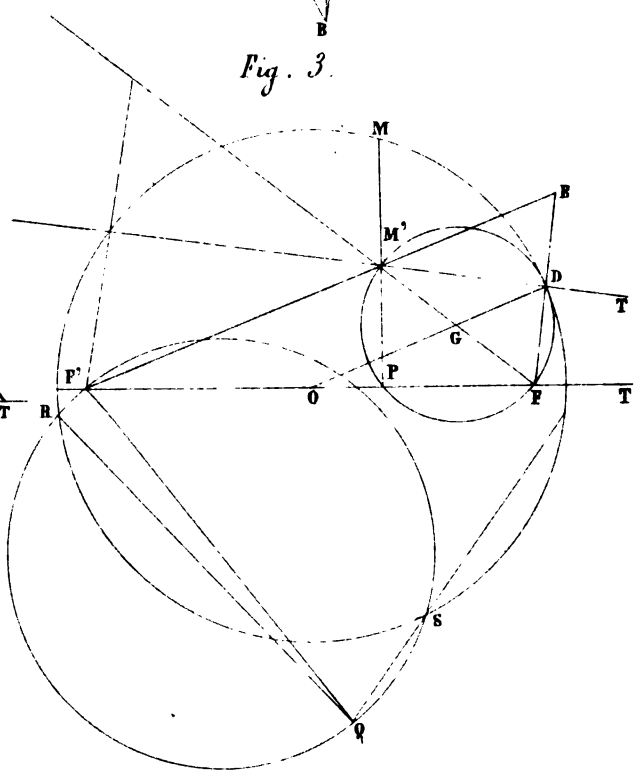


Fig. 3.



SUR

LA COMPOSITION DES PERIDOTS

Normaux et altérés du Puy-de-Dôme;

Par M. A. MOITESSIER.

On donne le nom de *peridot* à des silicates à base de protoxyde dont la composition est représentée par la formule générale $SiO^2, 2MO$. L'oxyde métallique qui paraît entrer normalement dans leur constitution est la magnésie ; mais celle-ci peut être remplacée, en partie ou même en totalité, par des oxydes isomorphes, tels que la chaux, les protoxydes de fer, de nickel, de manganèse ; d'autres fois, la silice elle-même peut se trouver remplacée par de l'acide titanique, ce cas est d'ailleurs fort rare et tout à fait exceptionnel. Enfin, il n'est pas rare de voir l'alumine exister aussi dans la composition des peridots, mais cette substance ne s'y montre jamais qu'en très-faible proportion, et ne paraît pas devoir entrer dans la constitution de ces minéraux. Les diverses substitutions qui viennent d'être signalées donnent lieu, on le conçoit, à un grand nombre de variétés dans cette espèce minérale, mais le type chimique reste toujours le même et ne subit aucune modification.

Les peridots se présentent, tantôt sous la forme de cristaux transparents, souvent volumineux, dérivés du prisme rhomboïdal oblique, tantôt sous celle de grains anguleux agglomérés ou de rognons pouvant acquérir des dimensions considérables. Cette variété granuliforme, généralement connue

sous le nom d'*olivine*, est de beaucoup la plus commune; elle est disséminée en abondance dans les basaltes et les laves, ainsi que dans quelques porphyres pyroxéniques, où sa présence est toutefois beaucoup plus rare.

Ordinairement transparente et verte, l'olivine est quelquefois mélangée de grains jaunes ou rougeâtres; quelques échantillons présentent même une couleur brune uniforme, tout en conservant la même apparence de forme et de texture que le peridot normal; d'autres fois la transformation est plus complète encore, et on ne trouve plus qu'une poudre amorphe et friable, sans indice de texture cristalline. Ces modifications, dues, comme on le verra plus loin, à des altérations, peuvent se montrer à divers degrés et ont été considérées par quelques minéralogistes comme des variétés distinctes; c'est ainsi que la *limbilite* et la *chusite* ne sont que des olivines plus ou moins altérées.

Les roches volcaniques du Puy-de-Dôme offrent de nombreux gisements de peridot granuliforme présentant à tous les degrés les modifications dont nous venons de parler. Nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt d'étudier, au point de vue chimique, un certain nombre d'échantillons recueillis dans une même localité, afin de pouvoir comparer au type normal les produits de son altération : tel est le but que nous nous sommes proposé dans cette Note. Nous avons pu recueillir nous-même quelques-uns des échantillons qui ont fait le sujet de nos analyses; nous en devons le plus grand nombre à l'obligeance de M. Fouilhoux, conservateur à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand [1].

OLIVINE NORMALE.

Les échantillons d'olivine que nous avons examinés sont au nombre de quatre; ils proviennent de roches basaltiques compactes, au milieu desquelles ce peridot se trouve en masses de dimensions variables, composées de grains agglomérés, à texture cristalline, de 2 à 3 millimètres de diamètre; leur couleur est d'un vert clair; ils sont tantôt transparents, tantôt presque

[1] Tous ces échantillons proviennent, à l'exception d'un seul, du plateau de Rentières.

entièrement opaques ; on peut sans difficulté les détacher de la roche et les obtenir exempts de tout mélange avec des substances étrangères.

La densité a été trouvée la même pour les quatre échantillons que nous avons étudiés, ou du moins elle n'a présenté que des variations insignifiantes comprises entre 3,34 et 3,37.

Quant à leur composition, l'analyse démontre que ces peridots sont à base de magnésie et de protoxyde de fer, avec prédominance de la magnésie ; on y trouve aussi des traces de manganèse, mais en trop faible proportion pour être dosées avec exactitude ; enfin, ils contiennent une petite quantité d'alumine, étrangère à leur constitution et dont la présence parait être accidentelle. Les nombres suivants montrent l'ensemble des résultats que nous avons obtenus :

	N° 1.		N° 2.		N° 3.		N° 4 [1].	
		Oxyg.		Oxyg.		Oxyg.		Oxyg.
Silice	41,32	22,1	40,04	21,3	41,49	22,1	42,00	24,4
Protoxyde de fer	14,91	20	15,22	20,1	13,91	19,9	14,25	19,9
Peroxyde de fer	»		»		trac.		trac.	
Oxyde de manganèse	trac.		trac.		trac.		trac.	
Magnésie	42,83		42,81		43,21		42,91	
Alumine	0,66		0,95		0,99		0,27	
	99,72		99,02		99,60		99,43	

Dans ces quatre analyses, l'oxygène des bases réunies est à celui de l'acide dans le rapport de 1 : 1, et, en adoptant SiO^2 pour formule de la silice, la composition du peridot qui nous occupe répond à la formule $SiO^2 2(Mgo. Feo)$. Il est toutefois à remarquer que les proportions relatives de fer et de magnésie ne sont pas constantes et peuvent éprouver quelques variations selon les échantillons. Les différences que l'on observe dans les quantités d'oxyde de fer peuvent, comme on le voit, s'élever à un quinzième du poids de cette substance ; on verra plus loin que des variations analogues existent dans la composition des peridots altérés. Ces analyses permettent

[1] Cet échantillon ne provient pas de la même localité que les autres ; il a été recueilli dans une localité voisine.

de rapprocher l'olivine du Puy-de-Dôme de celle du Vésuve; dont la composition est presque identique [1].

Quant aux traces de peroxyde de fer que contiennent les n° 3 et n° 4, il est probable qu'elles proviennent d'un commencement d'altération, et ces deux échantillons établissent une transition naturelle entre l'olivine normale et ses altérations plus profondes, que nous allons étudier.

OLIVINE ALTÉRÉE.

Parmi les nombreuses modifications que présentent les peridots du Puy-de-Dôme, nous avons choisi quatre types qui semblaient correspondre à divers degrés d'altérations, et qui, recueillis dans les mêmes gisements que l'olivine normale, que nous venons de décrire, pouvaient lui être comparés avec rigueur. Entièrement semblables à celle-ci par leur forme extérieure, ces olivines décomposées paraissent n'en différer que par leur couleur, qui est jaunâtre, rouge, brune ou même entièrement noire, selon que l'altération est plus ou moins profonde.

Leur densité est plus faible que celle du peridot normal, mais cet abaissement, quoique constant, n'est pas proportionnel au degré de décomposition. Cette densité varie de 3,07 à 3,29, tandis que celle des échantillons d'olivine que nous avons étudiés n'a jamais été inférieure à 3,34. On verra plus loin que la production artificielle de ces altérations naturelles affecte la densité dans le même sens.

Leur composition chimique présente aussi une différence essentielle qui consiste dans la peroxydation d'une partie ou de la totalité du fer. L'olivine

---

[1] D'après les analyses de Kalle et de Walmstedt, l'olivine du Vésuve a la composition suivante :

	Kalle.	Walmstedt.
Silice.....	40,35	40,12
Magnésie.....	46,70	44,54
Protoxyde de fer.....	12,34	15,32
» de manganèse...	»	0,29
	99,39	100,41

normale contient, en effet, le fer à l'état de protoxyde, et ce n'est que lorsqu'elle a éprouvé un commencement d'altération, que l'on y trouve des traces de peroxyde. Si la décomposition est plus profonde, comme dans les cas qui nous occupent, on voit, au contraire, augmenter la proportion du peroxyde de fer, qui peut même s'y retrouver seul.

Nous donnons ci-après les principaux caractères physiques et la composition chimique des quatre échantillons que nous avons étudiés :

N° I. Couleur d'un brun rougeâtre avec mélange de quelques grains verts hyalins et d'autres grains presque noirs. Densité = 3,07.

N° II. Couleur d'un brun rougeâtre sans mélange de grains verts ; grains noirs plus abondants que dans l'échantillon précédent. Densité = 3,19.

N° III. Couleur d'un rouge brun uniforme, plus clair que les échantillons qui précèdent, sans aucun mélange de vert ni de noir. Cet échantillon était au contact du peridot normal n° I et formait sur celui-ci une couche très-nettement limitée. Densité = 3,29. Il présente de grandes analogies avec la variété décrite par Saussure sous le nom de *limbilite*.

N° IV. Couleur d'un brun foncé assez uniforme, tout à fait noire en certains points, sans aucun mélange de grains verts. Densité = 3,21.

	N° I.	N° II.	N° III.	N° IV.
Silice.....	40,24	41,08	39,97	40,29
Protoxyde de fer.....	6,07	2,25	2,07	0,91
Peroxyde de fer.....	11,25	15,01	14,25	14,27
Oxyde de manganèse...	traces	traces	traces	traces
Magnésie.....	40,29	41,23	42,35	42,94
Alumine.....	0,91	0,61	0,47	0,75
	99,18	98,74	99,11	99,16

Les résultats qui précèdent démontrent clairement la nature de ces altérations et les divers degrés qu'elles peuvent présenter. Malheureusement, les variations que nous avons signalées au sujet de l'olivine normale ne permettent pas d'établir entre toutes ces analyses des comparaisons rigoureuses. Ces variations se retrouvent d'ailleurs dans la composition des olivines altérées, qui, abstraction faite des proportions relatives de protoxyde et de peroxyde de fer, offrent des différences analogues.

Deux de ces analyses présentent cependant des relations évidentes qui démontrent suffisamment les rapprochements que nous cherchons à établir. L'analyse du n° III altéré coïncide en effet d'une manière remarquable avec celle de l'olivine normale n° I, en supposant que le fer de celle-ci soit complètement transformé en peroxyde. Si l'on calcule les nombres qui en représenteraient alors la composition, on arrive aux résultats suivants, que nous mettons en regard de ceux donnés par l'expérience pour le n° III.

	Composition calculée de l'olivine normale n° I, en supposant tout le fer à l'état de peroxyde.	Composition expérimentale de l'olivine n° III, naturellement altérée.
Silice	40,76	39,97
Protoxyde de fer	»	2,07
Peroxyde de fer	16,33	14,25
Oxyde de manganèse	trac.	trac.
Magnésie	42,25	42,35
Alumine	0,66	0,47
	100,00	99,21

La concordance presque absolue des résultats qui précèdent n'a pas lieu de surprendre, si l'on remarque les relations naturelles qui existent entre ces deux peridots. Nous avons déjà dit, en effet, qu'ils provenaient tous les deux du même échantillon, dont une portion seulement avait été altérée. Cette concordance se retrouve avec beaucoup moins de rigueur dans les autres analyses, mais il ne paraît pas douteux que, par l'examen d'un nombre plus considérable de ces peridots, on puisse trouver des échantillons normaux et altérés se correspondant rigoureusement par leur composition.

PRODUCTION ARTIFICIELLE DES ALTÉRATIONS DU PERIDOT.

Quoique les analyses qui viennent d'être exposées ne puissent laisser aucun doute sur la nature des modifications qu'éprouve l'olivine, nous avons cherché à obtenir une preuve plus directe, en essayant de produire artificiellement les altérations que présente la nature, et de revenir à l'olivine normale en partant du peridot décomposé. Nous avons choisi, pour effectuer

ces transformations, les échantillons n° I et n° III, à cause des relations naturelles qu'ils présentent ; voici les résultats de nos expériences à ce sujet.

I. Un fragment d'olivine normale n° I, pesant 6^{gr},221, a été chauffé au rouge vif dans le moufle d'un fourneau à coupelle, jusqu'à ce que son poids n'augmente plus. Au bout de deux heures l'échantillon pesait 6^{gr},290, et son poids n'a plus varié après une demi-heure d'exposition à la même température. Sa couleur était d'un brun rougeâtre uniforme, un peu plus foncée que celle de l'échantillon correspondant à l'analyse n° III. Sa densité, qui était primitivement de 3,34, s'est abaissée à 3,29. Enfin, l'analyse chimique y a démontré l'existence d'une forte proportion de peroxyde de fer.

II. Un morceau du même peridot, du poids de 5^{gr},250, a été porté à une forte chaleur rouge dans un tube de porcelaine traversé par un courant d'oxygène sec. Son poids a augmenté graduellement, et est resté à peu près fixe au bout de trois heures ; l'échantillon pesait alors 5^{gr},310, ce qui correspond à une augmentation de 1,33 pour cent. Cette augmentation déterminée par le calcul, en supposant que tout le protoxyde de fer passe à l'état de peroxyde, aurait dû être de 1,65 pour cent. La couleur de ce fragment ainsi altéré était d'un noir presque pur ; son apparence cristalline n'avait été nullement modifiée ; en un mot, il présentait la plus grande ressemblance avec l'échantillon naturel n° IV. Sa densité a été modifiée sous cette influence et s'est abaissée de 3,34 [1] à 3,30. Enfin, une analyse qualitative a démontré que le fer était complètement peroxydé, et, sous ce rapport, l'altération a été plus complète que celle des échantillons naturels, qui nous ont toujours offert une petite quantité de protoxyde de fer[2].

Comme contrôle des expériences précédentes, un fragment de la même

---

[1] Cette densité avait été déterminée sur le fragment même qui a été soumis à l'expérience.

[2] Il est à remarquer que, bien que la peroxydation du fer ait été complète dans cette expérience, l'augmentation de poids est un peu inférieure à ce qu'indiquait le calcul. On peut se rendre compte de ce résultat par une dessiccation produite à l'aide du courant gazeux longtemps prolongé à une haute température. Bien que l'échantillon ait été desséché avec le plus grand soin à 150° avant l'expérience, il est probable qu'il retenait encore une petite quantité d'eau qui ne s'est échappée qu'à une température beaucoup plus élevée.

olivine a été chauffé pendant longtemps à une très-haute température, dans une atmosphère d'acide carbonique. Il n'a subi aucune modification, ni dans son poids, ni dans sa couleur, ni dans aucune de ses propriétés.

III. Nous avons tenté enfin une dernière expérience, dans le but d'opérer une transformation inverse et de revenir du peridot altéré à l'olivine normale. A cet effet, un fragment de l'échantillon n° III a été chauffé au rouge pendant quatre heures dans un tube de porcelaine traversé par un courant d'hydrogène sec ; cette expérience est demeurée à peu près sans résultats : la substance n'avait subi, en effet, que de légères modifications qui ne permettent aucune conclusion rigoureuse. La couleur était sensiblement la même ; nous avons cependant observé une légère diminution de poids ; mais elle ne saurait être attribuée d'une manière certaine à une réduction du fer. Il est probable que cette perte de poids, qui ne dépassait pas 4 milligrammes sur 5 grammes de substance, dépend d'une dessiccation, sous l'influence du courant gazeux, plus parfaite que celle qui avait été opérée avant l'expérience. Il est toutefois possible que cette transformation, que nous n'avons pu obtenir dans les circonstances qui précèdent, puisse être réalisée sous l'influence d'une température beaucoup plus élevée, et en prolongeant la durée de l'expérience.

En résumé, l'olivine du Puy-de-Dôme est intermédiaire, par sa composition, au peridot entièrement magnésien et au peridot ferrugineux. Les proportions relatives d'oxyde de fer et de magnésie qu'elle renferme, permettent de la rapprocher de celle du Vésuve, qui présente une composition analogue. Le protoxyde de fer qui entre dans la constitution de cette olivine a pu, sous certaines influences, se transformer en peroxyde, et de là des modifications dans la couleur de ces minéraux. Quant aux causes qui ont pu déterminer cette altération, il ne paraît pas douteux, d'après les expériences directes décrites plus haut, qu'on ne puisse les trouver dans l'action de l'oxygène de l'air à une haute température.

SUR

L'ACCROISSEMENT NOCTURNE

De la Température avec la Hauteur

DANS LES COUCHES INFÉRIEURES DE L'ATMOSPHÈRE;

Par M. CH. MARTINS.

PREMIÈRE PARTIE.

Les agriculteurs ont remarqué depuis longtemps qu'après les nuits froides du printemps les végétaux délicats, tels que la vigne, l'olivier, les arbres à fruit, souffrent de la gelée dans les vallées et les bas-fonds, tandis que sur les collines le mal est nul ou beaucoup moindre. Ces effets désastreux sont attribués par le préjugé populaire à l'influence maligne de la *lune rousse*. Les horticulteurs font chaque hiver des observations analogues; à la suite d'une ou de plusieurs nuits froides, des végétaux exotiques meurent dans les parties basses d'un jardin, tandis que des individus de même âge et de même force leur survivent dans les stations plus élevées. En janvier 1855, j'ai vu périr presque tous les lauriers qui entourent mon habitation, située dans la partie la plus basse du Jardin des Plantes de Montpellier[1]; ceux du bosquet de Narcisse à six mètres au-dessus, et ceux de M. de Lasalle

[1] Voy. *Mémoires de l'Académie de Montpellier*, tom. III, pag. 91, et *Revue horticole*, 4e série, tom. IV, pag. 288.

voisins du Jardin des Plantes, mais à trois mètres au-dessus de la partie la plus basse, furent complètement épargnés. Sur toute la ligne du chemin de fer de Montpellier à Nimes, les oliviers de la plaine à droite de la voie gelèrent, et durent être rabattus jusqu'au pied ; ceux plantés à gauche sur la colline, souvent à quelques mètres seulement au-dessus des premiers, résistèrent ou ne furent atteints que dans leurs rameaux.

Je ne rappellerai pas les raisons plus ou moins plausibles que les cultivateurs et les jardiniers ont voulu donner de ces faits ; elles ont peu d'intérêt, puisque ce mémoire est destiné à prouver que ces différences s'expliquent tout naturellement par un accroissement constant de la température avec la hauteur pendant les nuits sereines, dans la couche de l'atmosphère en contact avec le sol.

HISTORIQUE DE LA QUESTION.

Je ne suis pas le premier à avoir soupçonné cette interversion des températures. Déjà, en 1778, Marc-Auguste Pictet[1] avait étudié à Genève la marche de deux thermomètres situés, l'un à 5 pieds, l'autre à 75 pieds au-dessus du sol ; il avait remarqué qu'à partir du coucher du soleil le thermomètre supérieur accusait une température moins basse que le thermomètre inférieur ; il constata de plus que cette différence persistait dans le même sens pendant toute la nuit.

Six, l'ingénieux physicien qui a doté la météorologie du thermomètre *à minimâ*, avec *index*, fit en 1784 des observations analogues sur la tour de la cathédrale de Cantorbery[2].

En 1837, le professeur Marcet[3] reprit ces expériences à Genève, en échelonnant des thermomètres le long d'un mât élevé de 114 pieds au-dessus du sol.

Dans l'hiver de 1838 à 1839, les membres hibernants de la Commis-

---

[1] Essai sur le feu, pag. 179 ; — 1790.

[2] Six ; Experiments on local heat (*Philosophical transactions*, tom. LXXVIII, pag. 103).

[3] Recherches sur les variations qui ont lieu à certaines périodes de la journée dans la température des couches inférieures de l'atmosphère. (*Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, tom. VIII ; — 1838.)

sion scientifique envoyée en Laponie par le roi Louis-Philippe, MM. Lottin et Bravais[1], entreprirent des études sur la distribution de la température dans la couche inférieure de l'atmosphère, à Bossekop, par 69° 58′ de latitude et 21° 10′ de longitude orientale. Ils employèrent des cerfs-volants et des ballons captifs, et ont souvent opéré pendant la longue nuit de quatre-vingts jours qui règne à cette latitude. Par le soin avec lequel les observations ont été faites, la sagacité avec laquelle Bravais les a discutées, ces expériences sont incontestablement les plus importantes qui aient été publiées sur ce sujet.

Enfin, en 1847, M. Plantamour[2], à Genève, compara deux thermomètres, dont l'un était à 5 pieds et l'autre à 50 pieds au-dessus du sol.

Tels sont les principaux travaux qui ont précédé le mien. Je ne les résumerai ni ne les discuterai pas ici, préférant comparer, à la fin de ce mémoire, les résultats obtenus par mes devanciers avec ceux auxquels je suis arrivé moi-même. Tous se sont proposé de savoir quelle était, à un moment donné, la distribution de la température dans la couche inférieure de l'atmosphère. Mon but est différent : j'ai cherché quelle était, dans la nuit, la distribution des *minima* de température dans la portion inférieure de l'atmosphère, ou, en d'autres termes, quelle était pour chacune des couches atmosphériques superposées, dans lesquelles mes thermomètres étaient placés, la température minimum de la nuit. C'est là, en effet, ce que le médecin, l'agriculteur et l'horticulteur ont besoin de connaître pour apprécier l'influence d'une élévation plus ou moins grande au-dessus du sol sur l'homme, les animaux et les végétaux.

DESCRIPTION DES APPAREILS.

Les thermomètres que j'employais étaient à alcool et à index ; leur boule avait deux centimètres de diamètre ; les divisions gravées sur la tige étaient

---

[1] Voyages en Scandinavie et au Spitzberg, sur la corvette *la Recherche; Météorologie*, tom. III, pag. 94.

[2] Résumé des observations météorologiques, de 1847, de la Bibliothèque universelle. (*Archives des sciences naturelles*, tom. VIII, pag. 22, mai 1848.)

assez écartées pour permettre d'estimer très-exactement les dixièmes de degré. Voulant que les boules fussent entièrement nues, afin qu'elles pussent prendre la température de l'air ambiant et rayonner librement dans tous les sens, j'ai dû rejeter les montures en bois ou en cuivre. D'un autre côté, ces thermomètres devant être échelonnés le long d'un mât ou placés sur des tours élevées, exposés pendant des nuits entières à la pluie et au vent, il fallait donc trouver un appareil qui résistât à ces violences et fixât le thermomètre, sans que la boule fût entourée d'une armature quelconque. J'imaginai la disposition suivante : un cylindre creux en fer *av* (*fig.* 1) terminé par une vis était fixé contre le mât de support M (*fig.* 4), en enfonçant la vis à l'aide d'une clef dont la tige *cd* (*fig.* 2) s'engage dans le cylindre creux de la vis, et y est retenue fortement par une clavette (*fig.* 3) qui traverse les deux trous correspondants *i* (*fig.* 1) et *i'* (*fig.* 2). Le cylindre creux (*fig.* 1) fixé solidement et à demeure dans le bois,

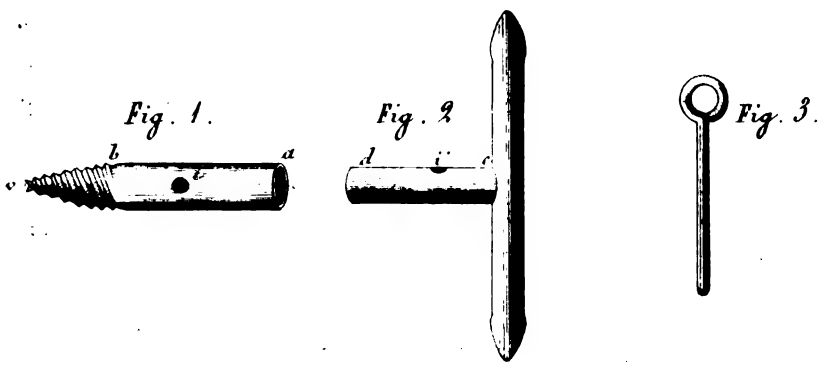
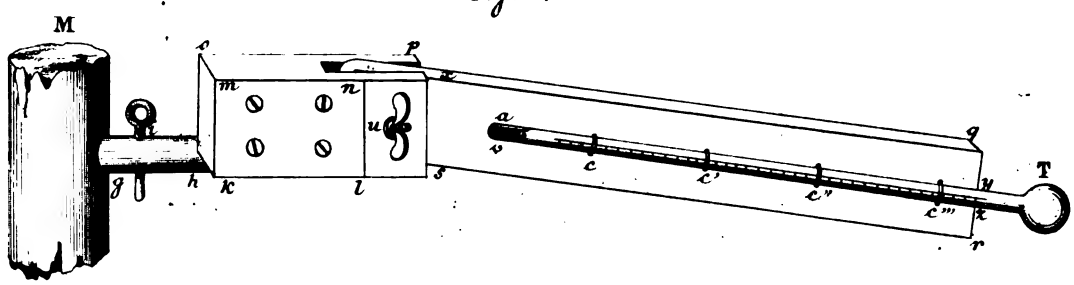


Fig. 4.



je retire la clavette (*fig.* 3), puis la clef (*fig.* 2); j'enfonce à sa place le cylindre plein *gh* (*fig.* 4), qui y entre à frottement, et je le maintiens en enfonçant à travers les deux trous correspondants *i* une clavette semblable à celle de la *fig.* 3. Ce cylindre *gh* (*fig.* 4) est fixé par une forte plaque en fer *klmn* à un parallélipipède en bois *klop*, qui se termine antérieurement par une mortaise. Celle-ci reçoit la palette en bois *qrsx* dont l'épaisseur est d'un centimètre et la longueur proportionnée à celle du thermomètre. Cette palette se meut verticalement dans la mortaise, et on peut lui donner une inclinaison quelconque. On la fixe au moyen de l'écrou en cuivre *u*. La palette creusée d'une gouttière peu profonde *vayz* reçoit la tige du thermomètre T retenue par des cordonnets en fil de caoutchouc $cc'c''c'''$.

Pendant les quinze mois que les expériences ont duré, aucun de mes thermomètres, quoique exposés sur de hautes tours à des vents violents, n'a été brisé ni emporté; seulement, lorsque les rafales étaient très-fortes, les index étaient déplacés par l'ébranlement du support.

La manœuvre expérimentale est des plus faciles: lorsqu'on a lu le matin le degré marqué par l'index, on dévisse un peu l'écrou *u* (*fig.* 4), on élève la palette *rsqx* jusqu'à ce que l'index coule vers l'extrémité de la colonne alcoolique ; puis on abaisse de nouveau la palette pour la remettre dans la position inclinée de la *fig.* 4, afin que pendant la nuit l'index soit ramené vers la boule à mesure que la colonne se raccourcit. L'expérience est alors préparée pour le lendemain.

Veut-on suspendre ou cesser les observations, il suffit de retirer le thermomètre T, en le prenant par la boule ; les cordons de caoutchouc cèdent à la pression de la tige qui les distend. Un mauvais temps continu rend-il les expériences impossibles et craint-on que la pluie ne gâte l'appareil, il suffit de retirer la clavette (*fig.* 3) qui traverse le trou *i* (*fig.* 4), et on enlève alors tout le système. La vis (*fig.* 1) reste seule fixée dans le bois, et j'avais soin de garantir l'intérieur de l'oxidation en bouchant l'orifice avec un bouchon de liége ordinaire. Dès que le beau temps permet de reprendre la série, rien de plus facile que de replacer l'appareil (*fig.* 4) dans le cylindre à vis (*fig.* 1), qui est resté en place.

J'ose recommander ces dispositions aux météorologistes : les thermomètres sont en sûreté ; ils peuvent s'enlever facilement, se replacer de même, et la

boule complètement nue, prenant la température propre de l'air et rayonnant librement vers l'espace et le sol, nous donne la somme ou la différence de toutes les influences calorifiques auxquelles elle est soumise. Un thermomètre est, en outre, parfaitement comparable à l'autre, puisque les appareils sont identiques du moment qu'on tient compte, comme nous le faisons, des différences de graduation.

Voici maintenant comment j'ai placé mes thermomètres *à minimâ*, pour étudier la distribution de la température dans la couche inférieure de l'atmosphère. Un mât peint en noir, de 6 mètres de haut, fut dressé dans le Jardin, non loin de mon habitation. Le sol était nu tout à l'entour. A l'Est, se trouvait une allée de *Melia azedarach* dépouillés de leurs feuilles de novembre à juin, éloignée de 15 mètres ; au Sud, une ligne de cyprès toujours verts, hauts de quatre mètres, à la distance de 10m, 20 ; et une autre ligne de cyprès à l'Ouest, éloignés de 18m, 50 et élevés en moyenne de 5. mètres. J'échelonnai les thermomètres en hélice autour du mât, de façon à ce qu'ils vissent toujours autant de ciel que possible. Le premier était à 0m,05 du sol, le deuxième à 2 mètres, le troisième à 4 mètres, et le dernier à 6 mètres. Dans quelques expériences, les thermomètres ont été échelonnés de mètre en mètre. Au pied du mât je plaçai des thermomètres, tantôt à la surface du sol, tantôt recouverts d'une légère couche de terre. En décembre 1858 et janvier 1859, un cinquième thermomètre fut fixé au sommet d'un marronnier, à 13 mètres au-dessus du sol ; ce marronnier parfaitement isolé était distant du mât de 60 mètres en ligne droite.

A 211 mètres du mât dont j'ai parlé, se trouve une vieille tour faisant autrefois partie des fortifications de la ville ; elle se nomme la *Tour des Pins*, parce qu'elle porte quelques pins d'Alep qui y ont été plantés. A l'angle S.-O. de cette tour, je fixai un montant qui s'élevait de 2 mètres au-dessus de la plate-forme. Le thermomètre fixé à ce montant était à 26m,3 au-dessus du sol au pied du mât.

Un autre thermomètre avait été placé sur la tour S.-O. de la cathédrale de Saint-Pierre, éloignée de 320 mètres du mât: cette tour se termine par une plate-forme surmontée de six pyramides en pierre. Une planche fut fixée sur la face nord de l'une de ces pyramides, et un thermomètre vissé sur cette planche, à 49m,4 au-dessus du sol qui portait le mât.

En résumé, j'avais six thermomètres *à minimâ* échelonnés depuis 0m,05 du sol jusqu'à 49m,4.

Leurs altitudes au-dessus du niveau de la mer étaient les suivantes :

Sol au pied du mât.....	28m,4
Le thermomètre le plus élevé du mât.....	34m,4
Le thermomètre de la Tour des Pins.....	54m,7
Le thermomètre du clocher de la Cathédrale.....	77m,8

Le faible écart horizontal de ces instruments permet de les considérer comme échelonnés dans une même couche d'air de 50 mèt. de haut sur 320 de large, et d'étudier la distribution des *minima* de température dans cett couche d'air pendant la nuit. Sous tous les points de vue, ces *minima* sont l'élément le plus important à connaître. Ce sont eux qui constituent le froid nocturne, si préjudiciable aux êtres organisés ; car c'est ce froid qui règle la distribution des végétaux et des animaux à la surface du globe ; c'est la barrière infranchissable qui arrête la plupart des espéces animales et végétales dans leur migrations. Indifférentes aux moyennes, ces espèces sont limitées par les extrêmes de température, et par le froid plus souvent que par le chaud.

Dans des recherches de ce genre, il est essentiel que les thermomètres soient parfaitement comparables. J'ai déjà dit que leurs boules avaient le même diamètre et qu'elles étaient disposées de manière à rayonner librement dans tous les sens. Construits avec soin par MM. Fastré et Baudin, ces thermomètres avaient de faibles corrections ; mais je ne me suis pas borné à vérifier plusieurs fois leurs zéros dans la neige ou la glace fondante ; j'ai fait, à la suite de deux nuits très-froides, au lever du soleil, une comparaison dans un mélange d'eau et d'acide sulfurique à la température de — 3°,6. Les différences observées ont servi de correction pour toutes les températures de — 3° et au dessous. Celles entre — 3° et + 10° ont été corrigées d'après les différences obtenues dans la glace fondante ; mais celles de + 10° et au-dessus d'après les différences obtenues en plongeant simultanément les thermomètres dans un grand bassin du Jardin, par un temps couvert, à des températures voisines de + 13°. N'ayant à étudier que des différences de température, j'ai toujours corrigé les indications de mes instruments d'après

des comparaisons faites dans la portion de l'échelle où l'index s'était arrêté pendant la nuit.

Mes observations ont été poursuivies dans tous les mois de l'année, celui d'octobre excepté, depuis décembre 1858 jusqu'en février 1860. Le nombre total des nuits dont j'utilise les *minima* sous un point de vue ou sous un autre, s'élève à 109 ; j'ai rejeté toutes celles où il avait plu notablement ou pendant lesquelles le vent a été assez fort pour déplacer les index [1].

DE L'ACCROISSEMENT DE LA TEMPÉRATURE AVEC LA HAUTEUR PENDANT LA NUIT.

Un coup d'œil général jeté sur les courbes de la planche II montre que, pendant la nuit, l'accroissement de la température à partir du sol jusqu'à 50 mètres est un phénomène presque constant, car sur 98 nuits je n'en trouve que 9 où il y ait eu décroissement de la température entre $0^m,05$ et $49^m,4$; l'accroissement est donc la règle, le décroissement l'exception.

Quel est l'accroissement moyen de l'année, ou, en d'autres termes, quelle est la différence moyenne entre le minimum à $0^m,05$ du sol et celui à $49^m,4$? Je trouve, en prenant les 97 nuits où la température de ces points extrêmes a été notée, que cette différence s'élève à $3^o,80$. L'accroissement serait donc, en le supposant uniforme, de 1° pour 13 mètres [2].

Cet accroissement ne paraît pas varier beaucoup d'une saison à l'autre, comme le montre le tableau suivant :

---

[1] Un jardinier de l'établissement, M. Pierre Roudier, m'a aidé dans toutes ces pénibles observations avec un zèle, un dévouement et une intelligence auxquels je suis heureux de rendre hommage.

[2] Cette moyenne a été obtenue en soustrayant la somme des décroissement de celle des accroissements, et divisant par 97; la moyenne des quatre-vingt-huit nuits avec accroissement est $4^o,36$; celle des neuf nuits avec décroissement $0^o,62$.

Accroissement de la température pendant la nuit, de 0m,05 *à* 49m,4.

SAISONS.	NOMBRE DES NUITS.	ACCROISSEMENTS MOYENS.	ACCROISSEMENT DE 1° POUR
Hiver.....	43	3°,55	13m,9
Printemps.....	22	3°,63	13m,6
Été.....	17	4°,45	11m,1
Automne.....	14	4°,44	11m,1

Le phénomène est donc complètement indépendant du froid et de la chaleur, c'est-à-dire de la portion de l'échelle thermométrique dans laquelle oscille la colonne mercurielle.

Cet accroissement n'est pas uniforme. Très-rapide dans le voisinage du sol, il diminue à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère. Le tableau suivant et les courbes Pl. II, N^os^ *2*, *4*, *7* et *9*, qui lui correspondent, mettent parfaitement en évidence la loi de cet accroissement :

Minima moyens pendant la nuit, dans les diverses saisons.

SAISONS.	0m,05	2m,0	4m,0	6m,0	26m,3	49m,4
Hiver.....	—2°,55	—1°,52	—1°,01	—0°,64	—0°,16	1°,34
Printemps.....	4,62	5,19	5,52	5,62	7,16	6,71
Été.....	15,33	16,00	16,42	16,82	18,40	19,61
Automne.....	5,94	6,78	7,24	7,51	9,24	9,66
Année.....	5,84	6,61	7,04	7,33	8,76	9,33
Accroissement par mètre.....	0°,39	0°,21	0°,14	0°,07	0°,02	

Aucun météorologiste, je l'espère, ne croira que j'assimile ces moyennes à celles qui résultent d'une série continue d'observations. Je ne les donne nul-

lement comme représentant l'accroissement moyen de la température pendant la nuit, à Montpellier ; elles ne représentent que l'accroissement moyen des nuits pendant lesquelles j'ai observé, nuits calmes et sans pluie. Je crois néanmoins que l'influence des saisons et surtout de la sérénité du ciel se font déjà sentir.

En HIVER (voy. la courbe 2, Pl. II), l'accroissement dans le voisinage du sol est très-rapide, puisqu'il est de 1°,05 entre 0m,05 et 2 mètres ; de 2 mètres à 4 mètres, de 0°,51 ; de 4 mètres à 6 mètres, de 0°,37. Dans les 6 premiers mètres à partir du sol, l'accroissement moyen est donc de 0°,32 par mètre ; mais, dans les 20 mètres suivants, il ne s'élève plus qu'à 0°,023, et entre 26 mètres et 49, à 0°,064 par mètre. L'accroissement, comme on le voit, n'est pas uniforme ; il se ralentit notablement entre 6 et 26 mètres, pour s'accélérer de nouveau de 26 à 49 mètres. Si les observations étaient plus nombreuses, la courbe serait plus régulière ; ou bien la combinaison du refroidissement dû au voisinage du sol rayonnant librement pendant les nuits sereines, vers tous les points de la voûte céleste, produit-elle un abaissement considérable de température pour le thermomètre placé sur la plate-forme de la Tour des Pins, qui dominait tous les objets environnants : de là un accroissement plus lent de la température entre 6 et 26 mètres. Le thermomètre de la tour Saint-Pierre, appuyé contre un pilier, rayonnait moins librement et était soustrait par son élévation à l'action réfrigérante du sol, qui agissait si puissamment sur les thermomètres échelonnés entre 0m,05 et 6 mètres : de là un accroissement plus rapide de la température entre 26 et 49 mètres. Je livre cette explication aux météorologistes et aux physiciens. Mais qui n'entrevoit les conséquences immenses de cet accroissement hibernal de la température avec la hauteur, pour l'horticulture, l'agriculture et l'hygiène ? Dans la partie basse du Jardin que j'habite, une plante était soumise, en hiver pendant quarante nuits, à une température moyenne de — 2°,55 : à 49 mètres au-dessus de ce point, à celle de 1°,54 seulement. En bas, le thermomètre est descendu, le 16 février 1860, à —9°,5 ; en haut, la même nuit, il ne marquait que — 6°,3. J'ai, du reste, fait l'expérience directement, le 18 du même mois. Deux *Opuntia ficus-indica* en pots ont été placés, l'un au pied du mât, dans le Jardin, l'autre sur la plate-forme de la tour Saint-Pierre. Le premier, exposé à un minimum de — 5°,1, était

complètement gelé le lendemain et a succombé ; le second, n'ayant eu à supporter qu'un froid de —3°,5, était un peu atteint, mais s'est ensuite rétabli. Le point zéro est pour beaucoup de plantes la limite au-dessous de laquelle elles ne résistent pas au froid. Or, dans 44 nuits, j'en compte 28 où le thermomètre est descendu au-dessous de zéro, dans la couche d'air en contact avec le sol, et seulement 16 où les degrés ont été négatifs à 49 mètres d'élévation. L'hiver est donc moins rigoureux, et, par conséquent, la végétation peut être différente sur une hauteur que dans un bas-fond ; car nous verrons que ce qui est vrai d'une tour est également vrai d'une colline.

Pendant les vingt-trois nuits du PRINTEMPS (Voyez la courbe *4*, Pl. II), nous allons trouver un accroissement semblable en général à celui de l'hiver, mais différant néanmoins par quelques points essentiels. D'abord toutes les températures sont supérieures à zéro. Entre 0m,05 et 6 mètres, l'accroissement moyen est moitié moins rapide : 0°,16 au lieu de 0°,32 par mètre ; il diminue comme en hiver assez régulièrement à partir du sol. Mais au-dessus de 6 mètres, l'accroissement est plus rapide qu'en hiver jusqu'aux environs de 25 mètres, car il est de 0°,075 par mètre. A partir de 26 mètres, la température *décroissait* lentement, comme le montre la courbe, à raison de 0,019 par mètre.

Dans ces vingt-trois nuits de printemps, la limite de l'accroissement de la température avec la hauteur se trouvait donc entre 26 et 49 mètres au-dessus du sol. Toutefois, à 49 mètres, la température était encore plus élevée qu'à 0m,05, et, en supposant le décroissement uniforme depuis 26 mètres, il faut s'élever jusqu'à 135 mètres pour que la température soit aussi basse qu'à 0m,05, et décroisse ensuite à raison de 1° pour 178 mètres environ [1].

C'est un axiome, en météorologie, que l'AUTOMNE est pour ainsi dire la répétition du printemps, sous le point de vue de la température. Cet axiome se vérifie également quand on étudie l'accroissement nocturne (courbe 7) de la température avec la hauteur. Comme au printemps, l'accroissement est plus rapide pour les six premiers mètres : quatorze nuits d'observation me donnent une différence de 1°,57, ou 0°,26 par mètre. Au printemps, nous avions trouvé 0°,16. De 6 mètres à 26 mètres, l'accroissement se ralentit et

[1] Kæmtz ; Météorologie, traduction française, pag. 213.

n'est plus que de 0°,066 par mètre, un peu plus lent qu'au printemps, où nous avions trouvé 0°,075. Mais en automne, la courbe ne baisse pas à partir de 26 mètres, comme au printemps; la température continue à croître de 0°,018 par mètre, tandis qu'au printemps elle *décroissait* sensiblement de la même quantité.

L'ÉTÉ, saison extrême, à nuits sereines, va reproduire les phénomènes de l'hiver. Les fortes chaleurs qui ont régné pendant les mois de juin, juillet et août 1859, à Montpellier et dans toute l'Europe, ont permis d'étudier l'accroissement de la température avec la hauteur dans les conditions thermiques les plus opposées à celles de l'hiver. Les lois de l'accroissement sont semblables, que le thermomètre oscille autour de zéro ou autour de 18°. De 0m,05 à 6 mètres (courbe *9*), l'accroissement est rapide, 0°,25 par mètre. En hiver, nous avons trouvé 0°,32. La longueur des nuits doit jouer ici un rôle aussi considérable que l'intensité du rayonnement. Le minimum de température ayant lieu peu d'instants avant le lever du soleil, il est évident que, la sérénité du ciel étant supposée la même dans les deux saisons, la couche d'air en contact avec le sol doit être plus froide à la suite d'une longue nuit d'hiver qu'après une courte nuit d'été; car pour la latitude de Montpellier (43°,37′ N.), la nuit la plus courte de l'hiver diffère encore de 6 heures 10 minutes de la nuit la plus longue de l'été [1]. A partir de 6 mètres jusqu'à 26 mètres, l'accroissement a été plus rapide dans les dix-sept nuits d'été pendant lesquelles j'ai observé, que dans les quarante nuits d'hiver; car il a été de 0°,077 par mètre, au lieu de 0°,023. Nous n'avons donc point observé en été ce ralentissement si notable de l'accroissement, qui se montre si clairement sur la courbe de l'hiver. De 26m,3 à 49m,4, l'accroissement est de 0°,053 par mètre. En hiver, nous avions trouvé 0°,064. C'est dans l'été que l'accroissement avec la hauteur pendant la nuit paraît être à la fois le plus fort et le plus régulier, comme on le voit par la courbe de cette saison.

Quand on construit la courbe *6* de l'accroissement annuel moyen déduit de celles des quatre saisons, on reconnaît que cette courbe est très-voisine de l'automne, à laquelle elle est presque parallèle; les lois de l'accroissement de la température avec la hauteur rentrent donc dans celles de la température en

---

[1] Bravais; Géographie physique et mathématique de la France; dans *Patria*, pag. 29.

général, où les courbes annuelles sont voisines et semblables à celles du printemps et de l'automne.

Je terminerai ces comparaisons par celle des deux mois extrêmes de 1859, janvier et juillet, dont le tableau suivant représente les accroissements de température :

1859	0m,05	2m	4m	6m	26m,3	49m,4
Janvier.....	—3,56	—2,76	—2,24	—2,00	—0,21	0,56
Juillet.....	17,25	17,70	18,12	18,62	20,52	21,70

On voit combien l'accroissement a été rapide dans ces deux mois, savoir, de :

1 degré pour 12 mètres dans le premier ;

1 degré pour 10 mètres dans le second.

Ainsi, la chaleur ou le froid relatifs sont sans influence notable sur le phénomène, qui est subordonné principalement à l'état du ciel et au calme de l'air.

DE L'ACCROISSEMENT DE LA TEMPÉRATURE AVEC LA HAUTEUR, PENDANT LES NUITS SEREINES OU COUVERTES.

Les courbes saisonnières que nous avons étudiées trahissaient déjà l'influence de la sérénité du ciel ou, en d'autres termes, du rayonnement de la chaleur sur l'accroissement de la température pendant la nuit. Étudions ce phénomène de plus près. Je n'ai pu déterminer les lois de l'accroissement de la température que pendant un petit nombre de nuits couvertes ; rares à Montpellier, elles devaient, en outre, être calmes et sans pluie, conditions dont la réunion se trouve difficilement dans un pays où un ciel nuageux, sans pluie ni vent, est une exception. Toutefois, dans les quinze mois pendant lesquels j'ai observé, seize nuits ont été couvertes contre trente-sept parfaitement sereines. Les deux courbes annuelles (Pl. II, nos 5 et 8), considérées comparativement, montrent que l'accroissement de la température avec la

hauteur est principalement dû au rayonnement terrestre, c'est-à-dire à la sérénité du ciel.

Discutons d'abord la courbe des seize nuits couvertes. Dans le voisinage du sol, de 0m,05 à 2 mètres, il y a un accroissement de 0°,66 ; mais de 2 mètres à 6, la température s'abaisse de 0°,11 ; elle se relève de 6 mètres à 26 mètres de 0°,45, pour décroître de nouveau de 0°,07 jusqu'à 49 mètres. Un plus grand nombre d'observations eussent sans doute régularisé cette courbe ; mais nous voyons cependant d'une manière générale qu'à partir d'une hauteur de 2 mètres environ au-dessus du sol, la température ne change pas sensiblement, au moins jusqu'à la hauteur de 49 mètres ; et, à partir du sol jusqu'à 49 mètres, l'accroissement est très-faible, puisqu'il ne dépasse pas 1°,07, c'est-à-dire 0°,0022 par mètre. Quel contraste quand on étudie la courbe de trente-sept nuits sereines ! Le petit tableau suivant montre quelle est la loi de l'accroissement comparé dans les nuits sereines et couvertes. Il est la traduction numérique des courbes :

Accroissement comparatif de la température par les nuits sereines et les nuits couvertes.

HAUTEUR AU-DESSUS DU SOL.	NUITS SEREINES.		NUITS COUVERTES.	
	ACCROISSEMENT TOTAL.	ACCROISSEMENT PAR MÈTRE.	ACCROISSEMENT TOTAL.	ACCROISSEMENT PAR MÈTRE.
De 0m,05 à 2m	0°,74	0°,37	0°,66	0°,33
De 2m à 4m	0,57	0,28	0,02	0,01
De 4m à 6m	0,45	0,22	— 0,13	— 0,06
De 6m à 26m,3	2,02	0,10	0,45	0,0022
De 26m,3 à 49m,4	1,48	0,064	— 0,07	— 0,0030
Somme des accroissemts De 0m,05 à 49m,4	5,26	0,11	1,07	0,0022

L'accroissement de la température est, comme on le voit, près de cinq fois plus fort par les nuits sereines que par les nuits couvertes ; mais il est bien

évident que ce n'est pas parce que les couches supérieures se réchauffent, mais bien parce que les couches inférieures se refroidissent au contact du sol, que l'accroissement s'exagère ainsi.

Examinons maintenant l'influence de la sérénité et de la nébulosité du ciel dans l'HIVER, où l'abaissement considérable de la température pendant les nuits sereines est souvent si funeste aux êtres organisés. Il y a eu accroissement dans les six nuits couvertes, comme dans les quatorze nuits sereines pendant lesquelles on a observé. (Voy. Pl. II, les courbes *1* et *3*.) Mais quelle différence dans les nombres qui expriment cet accroissement! Entre 0m,05 et 49 mètres, l'accroissement total est de 4°,70 pendant les nuits sereines[1], et près de la surface du sol le minimum moyen est à 5°,72 au-dessous de zéro; à 49m,04, il est encore à 1°,02 au-dessous du point de congélation. Par un ciel couvert, la température de la couche d'air immédiatement en contact avec le sol s'approche de zéro, mais reste néanmoins au-dessus; elle est de 0°,30 en moyenne; mais l'accroissement est si lent, qu'à 49 mètres le thermomètre a marqué en moyenne 1°,77. L'accroissement total n'a donc été que de 1°,47, ou environ quatre fois moindre que dans les nuits sereines; c'est le résultat auquel nous étions arrivé pour l'année entière. Les deux courbes nous montrent aussi qu'avec les deux états du ciel, l'accroissement le plus rapide a lieu entre 0m,05 et 2 mètres; puis il se ralentit à peu près également dans les deux cas, à partir de cette hauteur; mais au-dessus de 6 mètres, l'accroissement, très-faible pendant les nuits couvertes, est très-rapide pendant les nuits sereines; car de 6 à 49 mètres il n'est que de 0°,55 dans les premières, et de 3°,06 dans les secondes. Ainsi donc, en hiver, les deux grandes différences que je trouve entre les nuits sereines et les nuits couvertes, sont: 1° que la température est beaucoup plus basse dans les premières, fait généralement connu; et 2° que, dans les nuits sereines, la température continue à croître rapidement avec la hauteur, à partir de 6 mètres environ, ce qui n'a pas lieu dans les nuits couvertes, pendant lesquelles l'accroissement est presque nul au-dessus de cette limite.

En ÉTÉ, la sérénité du ciel étant plus parfaite, le contraste est encore plus grand. Ainsi, la différence de température entre la couche en con-

[1] L'accroissement maximum dans cette saison a été de 6°,6 pour 49 mètres, le 26 février 1859.

tact avec le sol et celle à 49 mètres, a été de 5°,22 avec un ciel serein, et 0°,40 seulement, c'est-à-dire presque nulle, avec un ciel nuageux [1]. Par un ciel pur, l'accroissement est continu et régulier; par une nuit sombre, il y a un faible accroissement jusqu'à 4 mètres environ et décroissement à partir de ce point. Ainsi, par un temps couvert, le *décroissement général* de la température avec la hauteur commence presqu'à partir du sol; dans une nuit sereine, seulement à plusieurs centaines de mètres au-dessus. On entrevoit de suite les conséquences qui découlent de ce fait pour la météorologie en général, la végétation, le calcul des hauteurs par le baromètre, etc., etc. Nous les développerons avec détail à la fin de ce mémoire.

L'état du ciel, au PRINTEMPS, intéresse beaucoup les agriculteurs et les horticulteurs. Ce sont les gelées tardives qui, pendant les nuits sereines d'avril et de mai, sont souvent si funestes à la vigne et aux arbres fruitiers; elles obéissent aux mêmes lois que nous avons déjà signalées pour l'hiver et l'été. Dans six nuits sereines observées au printemps de 1859, la température à 0°,05 du sol a été, en moyenne, de 1°,07; sur la tour Saint-Pierre, de 6°,92. Il y avait donc un écart de 5°,85 pour une différence de niveau de 49^{m},4, soit un accroissement moyen de 0°,12 par mètre [2]. Pendant trois nuits couvertes, le thermomètre près de la surface du sol marquait en moyenne 9°,55; celui de la tour Saint-Pierre 10°,9: différence 0°,57; accroissement moyen 0°,0075 par mètre. L'accroissement n'a lieu qu'à partir de la surface du sol jusqu'à 4 mètres, puis on observe un faible décroissement, suivi d'un lent accroissement, que je ne pouvais suivre au-dessus de 49^{m},4.

L'AUTOMNE confirmera les résultats des autres saisons, en montrant que le phénomène est tellement constant, qu'il suffit d'un petit nombre de nuits pour le mettre complètement en lumière. Durant six nuits sereines en septembre et novembre 1859, le minimum moyen, à 0^{m},05 du sol, a été 2°,34; le minimum sur la tour Saint-Pierre, 8°,40: différence 6°,06. C'est le plus grand écart que nous ayons observé dans les quatre saisons de l'année [3].

---

[1] L'accroissement maximum a eu lieu le 28 juillet 1859, et s'est élevé à 7°,0 pour 49 mètres.

[2] Accroissement maximum, 6°,6, le 3 avril 1859.

[3] A cette moyenne élevée correspond l'accroissement le plus rapide que j'aie jamais observé, savoir: 8°,9 entre 0^{m},05 et 49 mètres, le 7 septembre 1859.

L'accroissement suit une marche des plus régulières. Plus rapide, comme toujours, à partir du sol, où il est de 0°,46 par mètre, il se soutient encore à 0°,069 par mètre entre 23 et 49 mètres ; en supposant la diminution de l'accroissement uniforme à partir de cette hauteur, celle où commencerait le décroissement de la température serait environ à 170 mètres de hauteur au-dessus du sol. Quatre nuits couvertes, en automne, ne m'ont donné que 0°,73 de différence entre la température moyenne de 0°,05 et 49 mètres. L'accroissement était, en outre, fort irrégulier et se composait d'une suite d'accroissements et de décroissements qui se succédaient alternativement.

La sérénité du ciel est donc, dans toutes les saisons, la cause essentielle de l'accroissement nocturne de la température de l'air avec la hauteur.

INFLUENCE DU VENT.

Les observateurs qui ont étudié l'accroissement de la température avec la hauteur, Pictet, Marcet, Bravais, sont unanimes pour déclarer que le calme de l'air est une des conditions les plus favorables à la production du phénomène. L'observation était facile, puisqu'ils constataient l'accroissement à un moment donné, dont ils enregistraient toutes les circonstances atmosphériques. Je procédais autrement : le soir vers minuit je notais l'état du ciel et la direction du vent, et le matin au lever du soleil mon aide, M. Roudier, le faisait également. Dans les temps bien constants, nous pouvions conclure de ces deux observations à l'état du ciel au moment du minimum, qui se produit un peu avant le lever du soleil et persiste même quelque temps après ; mais nous n'avions pas la certitude absolue que l'air ait été calme pendant toute la nuit, ou bien que le même vent eût soufflé avec la même force du coucher au lever du soleil. Cependant, pour un certain nombre de nuits, la constance du temps était fort probable, puisqu'il n'avait pas changé de minuit au lever du soleil. Groupant entre elles ces nuits, j'en trouvai douze où l'air était complètement calme et le ciel d'une admirable sérénité. L'excès thermique de l'air à 49 mètres sur celui à 0°,05, a été de 4°,66 en moyenne ; pendant onze autres nuits, le ciel était serein avec une brise modérée du N.-O. (mistral), le vent le plus froid et le plus sec de tous ceux qui soufflent à Montpellier, l'excès thermique est de 5°,22 ; plus considérable,

comme on le voit, que pendant les nuits complètement calmes. Avec le N.-E., l'excès thermique moyen de douze nuits a été de 4°,90. Voilà pour les nuits sereines. On voit que ce n'est pas précisément dans les nuits les plus calmes que l'excès thermique est le plus fort, mais par celles où souffle une brise faible, froide et sèche. A Montpellier, le ciel n'est couvert en général qu'avec des vents de S.-E., de Sud et d'Ouest; celui de S-E. est le vent de pluie par excellence; soufflant de la Méditerranée, il amène incessamment des légions de nuages qui se résolvent en pluies torrentielles et continues, causes des inondations qui affligent si souvent la France méditerranéenne. Onze nuits couvertes pendant lesquelles ce vent a soufflé, donnent un excès thermique de 0°,74 seulement pour 49 mètres. Faire la part du vent et celle de la sérénité du ciel serait une entreprise difficile. L'influence de la nébulosité est certainement prépondérante, car trois nuits couvertes avec vent d'Ouest me donnent un excès thermique de 1°,0, chiffre bien voisin du précédent.

DE L'ACCROISSEMENT DE LA TEMPÉRATURE DE L'AIR SUR LES PENTES D'UNE COLLINE.

Avant de comparer mes résultats à ceux de mes prédécesseurs, je crois utile de prévenir une objection qui enlèverait à ces observations une grande partie de leur importance pratique pour l'agriculture et l'horticulture. Pictet, Marcet et Plantamour, à Genève, échelonnaient leurs thermomètres le long d'un mât; Six les avait placés sur la tour de la cathédrale de Cantorbery; les observateurs de Bossekop, Lottin et Bravais, les élevaient dans l'atmosphère à l'aide de cerfs-volants et de ballons captifs; quatre de mes minima étaient disposés en hélice autour d'un mât, les deux autres placés sur la plate-forme d'une tour et d'un clocher : avec tous ces procédés, on a constaté des accroissements de température, le soir, le matin et pendant la nuit. En est-il de même lorsqu'au lieu de ces conditions artificielles, on étudie simplement les différences qui existent, pendant la nuit, entre l'air de la plaine comparé à celui des pentes et du sommet d'une colline, ou d'un relief quelconque du terrain ? La plupart des agriculteurs répondront affirmativement. J'ai voulu obtenir une certitude expérimentale. La

Tour des Pins, sur laquelle était mon cinquième thermomètre, à 26m,3 au-dessus du premier, se trouve sur le boulevard Henri IV, qui est extérieur à la ville et s'élève par une pente douce jusqu'à la promenade du Peyrou ; celle-ci couronne la colline à laquelle Montpellier doit son nom. La superficie de cette promenade est de 25 900 mètres carrés. Je fixai un thermomètre à minima contre un petit platane sans branches, à 2 mètres au-dessus du sol. Ce thermomètre se trouvait à 335 mètres dans le S.-O. de celui de la Tour des Pins, et, par un heureux hasard, à la même altitude; en effet, un nivellement spécial m'apprit qu'il était à 53m,78 au-dessus du niveau de la mer, celui de la Tour des Pins se trouvant à 54m,28; différence 0m,50.

Les deux thermomètres furent observés pendant vingt-sept nuits des mois de janvier, février, mars, avril et mai 1859. Le petit tableau suivant présente les indications comparatives moyennes de ces deux instruments :

Indications comparatives de deux thermomètres à minima, situés à égale hauteur, l'un sur une tour, l'autre sur une colline.

MOIS DE L'ANNÉE 1859.	THERMOMÈTRE de la Tour des Pins. Alt., 54,28.	THERMOMÈTRE de la promenade du Peyrou. Alt., 53,78.	DIFFÉRENCES.
Janvier	3°,03	3°,27	— 0°,24
Février	4,30	3,88	0,42
Mars	6,81	6,55	0,26
Avril	7,80	7,90	— 0,10
Mai	10,43	10,30	0,13
Moyennes	6,49	6,38	0,11

On voit que la température de l'air était sensiblement la même sur la colline et sur la plate-forme de la tour. Dans des comparaisons de ce genre, il serait absurde d'exiger un accord plus grand. Ainsi donc, l'accroissement de la température de l'air est le même pour l'air qui repose sur les reliefs naturels du sol et sur les tours ou autres édifices construits par les hommes.

COMPARAISON DE MES RÉSULTATS AVEC CEUX DE PICTET, SIX, MARCET, PLANTAMOUR, BRAVAIS ET LOTTIN.

Pictet [1] expérimenta à Genève, en 1778. Il avait deux mâts, l'un de 50 pieds, l'autre de 75 pieds de hauteur, terminés par une potence horizontale portant une poulie au moyen de laquelle on descendait les thermomètres ; d'autres étaient suspendus depuis 4 lignes de terre jusqu'à 6 pieds, à un cordon de soie tendu horizontalement. Pictet s'était assuré que le thermomètre suspendu au sommet du mât ne variait pas d'une quantité bien notable, pendant les cinq à six secondes employées à le descendre. Il constata souvent qu'à partir du coucher du soleil, le thermomètre à 75 pieds indiquait une température plus élevée que celui suspendu à 5 pieds de terre. En observant un peu avant le coucher du soleil, puis à onze heures du soir, enfin le matin à l'aurore, il s'était assuré que la différence était la même pendant la nuit. Ce n'est qu'après le lever du soleil que les indications des instruments se rapprochaient; deux heures après le lever de l'astre, elles étaient les mêmes ; dans la journée, elles s'écartaient l'une de l'autre, mais en sens inverse, les thermomètres supérieurs accusant une température moindre que les inférieurs. Cette marche était constante dans toutes les saisons, sauf lorsque le ciel était uniformément couvert ou par un vent violent. Pictet répéta ses expériences au sommet du Môle [2], montagne conique qui s'élève à 1866 mètres au-dessus de la mer, et obtint les mêmes résultats.

Les expériences de Six [3] à Cantorbery durèrent de juillet 1784 à juillet 1785; un des thermomètres était dans son jardin à 9 pieds du sol, l'autre sur la tour de la cathédrale à 200 pieds : il constata que dans les nuits brumeuses, le thermomètre inférieur marquait 1 à 2 degrés Fahr. de plus que le supérieur, mais que c'était le contraire dans les nuits sereines, où il observa quelquefois des différences de 8° Fahr.

---

[1] Essai sur le feu; dans *Essais de physique*, tom. I, pag. 171.

[2] *Loc. cit.*, pag. 181.

[3] Experiments on local heat, in a letter to Francis Wollaston. (*Phil. Transact.*, tom. LXXVIII, pag. 103; — 1786.)

Wells [1] constata en 1814 les mêmes faits dans ses célèbres expériences sur la rosée, pendant lesquelles il consultait des thermomètres suspendus à diverses hauteurs au-dessus du gazon. Il observa souvent des différences de 5° à 6° entre le thermomètre couché sur le gazon et celui suspendu à $1^m,21$ au-dessus.

En 1837, le professeur Marcet reprit à Genève les expériences de Pictet. Il planta, au milieu d'un pré, un mât de la hauteur de 114 pieds. De dix en dix mètres se trouvaient de petits liteaux auxquels étaient suspendus par des poulies des thermomètres à degrés très-grands, dont la boule était entourée de corps mauvais conducteurs, tels que la cire ou le coton. Il trouva que l'accroissement de la température avec la hauteur était un phénomène constant, au coucher du soleil pendant la belle saison. Par un ciel serein et avec un air calme et sec, l'accroissement était plus rapide et s'élevait quelquefois à 4° pour 114 pieds, soit 0°,11 par mètre : c'est à un centième près le nombre que j'ai trouvé à Montpellier pour les nuits sereines du printemps et de l'été. Avec un ciel couvert l'accroissement était faible, mais il ne devenait nul que par les vents violents, surtout celui du N.-E.

L'accroissement commençait une heure avant le coucher du soleil par les temps sereins ; au coucher même de l'astre avec un ciel couvert, et restant stationnaire jusqu'au matin quand le temps ne variait pas et que les rosées n'étaient pas trop abondantes. Ce résultat est important, en ce qu'il montre que les différences indiquées par les minima ne sont pas de courte durée mais permanentes pendant toute la nuit.

M. Marcet a trouvé que la limite d'accroissement par les nuits sereines était supérieure à 35 mètres, hauteur de son thermomètre le plus élevé. Mes observations montrent qu'elle est supérieure à 50 mètres dans toutes les nuits sereines et même dans la généralité des nuits couvertes, comme le prouve la courbe 8 de la planche II.

M. Marcet a observé les plus grandes différences entre les couches d'air voisines du sol et celles plus élevées pendant l'hiver, surtout quand la terre est couverte de neige. A Montpellier, c'est pendant quelques nuits sereines de l'automne que cette différence a atteint son maximum ; il est vrai que je n'ai

---

[1] Wells ; Essai sur la rosée, traduit de l'anglais sur la deuxième édition, 1817.

jamais eu l'occasion d'observer lorsque la terre était couverte de neige. Toutefois, l'accroissement dû au rayonnement du sol a été encore plus marqué à Montpellier qu'à Genève, pendant les nuits calmes et sereines de novembre 1859 : cela n'a rien d'étonnant; en effet, à Genève, malgré une élévation de 400 mètres au-dessus de la mer, le ciel est moins serein qu'à Montpellier, au bord de la mer. L'accroissement le plus rapide observé en hiver par M. Marcet, a été de 0°,19 par mètre jusqu'à 34 mètres. La nuit du 14 janvier 1859, j'ai noté un accroissement presque aussi rapide dans les mêmes limites, avec un vent du N.-E. Il a été plus rapide encore par la nuit calme du 5 janvier 1859, et dans celle avec vent du N.-O. du 26 février 1859. Une moyenne de vingt nuits, en décembre et février, donne à M. Marcet une différence de 3°,45 pour 32 mètres; je trouve, pour la même hauteur, 4°,36 dans les nuits sereines de l'hiver.

Mes résultats sont d'accord avec ceux que M. Marcet résume à la fin de son mémoire, sauf sur deux points. Il admet que la limite de l'accroissement de la température paraît rarement dépasser 32 à 35 mètres. Mes courbes saisonnières *2*, *7* et *9* (Pl. II) montrent que cette limite est habituellement supérieure à 50 mètres, et les courbes des nuits couvertes *3* et *8* nous enseignent que cela se passe ainsi même dans les nuits à ciel nébuleux. C'est en hiver, lorsque le sol est enseveli sous la neige, que l'accroissement s'est trouvé le plus rapide à Genève; à Montpellier, j'ai observé habituellement un accroissement aussi rapide sans que le sol fût couvert de neige, et un accroissement plus rapide encore pendant les nuits calmes et sereines de cette saison [1]. Ces différences dans les résultats s'expliquent très-bien par celle de deux climats aussi peu semblables que celui de Genève et celui de Montpellier. Mais le fait de l'accroissement de la température avec la hauteur pendant la nuit, doit être désormais admis comme un phénomène presque constant en France, en Angleterre et en Suisse. Il l'est encore dans les contrées polaires.

Pendant leur hivernage à Bossekop en Laponie, sous le 70e de latitude,

---

[1] C'est pendant le cours de celui de l'année 1847, que M. Plantamour (*Bibliothèque universelle de Genève*, mai 1848, pag. 26) a observé six fois par jour deux thermomètres, l'un à 4 pieds, l'autre à 50 pieds au-dessus du sol. Il a également trouvé que l'accroissement de la température était moindre, le soir et le matin, par un temps couvert, qu'avec un ciel clair; cette différence s'est élevée jusqu'à 2°,3.

MM. Bravais et Lottin [1] ont étudié la distribution de la température dans les couches inférieures de l'atmosphère à l'aide de cerfs-volants et de ballons captifs qui portaient les thermométrographes à index et des thermomètres à déversement de M. Walferdin. On peut lire, dans le travail de Bravais, les précautions minutieuses prises par les observateurs, pour mettre leurs résultats à l'abri de toute objection. Trente-six expériences ont été faites du 25 octobre 1838 au 22 mai 1839. Dix-sept d'entre elles tombent dans la période de la nuit perpétuelle, qui sous cette latitude règne du 15 novembre au 1er février. Pendant les autres, le soleil n'était élevé que de quelques degrés au-dessus de l'horizon, de façon qu'elles rentrent dans les observations faites au lever et au coucher du soleil par Pictet et Marcet. Ils nous ont appris que les résultats observés à ces instants physiques sont les mêmes que pendant la nuit. Les ballons étaient lancés à des hauteurs variant entre 40 et 450 mètres. La hauteur moyenne est de 100 mètres environ. Trente et une fois la température était plus chaude dans les couches élevées de l'atmosphère, et par conséquent croissante; cinq fois seulement plus froide en haut, et par conséquent décroissante. Puisqu'elle se vérifie sous le 70e de latitude, comme sous le 52e, le 47e et le 44e, cette loi est générale et se vérifiera probablement plus ou moins dans toutes les régions du globe, avec des modifications dépendantes du climat de chacune d'elles. Dans les limites de 50 mètres, l'accroissement le plus rapide a été de 0°,12 par mètre, nombre qui représente à peu près l'accroissement moyen par les nuits sereines à Montpellier. Bravais constate que la transparence de l'air est une circonstance favorable, néanmoins il remarque que c'est avec un ciel vaporeux ou sali par de légers cirrus que l'excès thermique a été le plus fort.

Pictet avait déjà entrevu l'influence du vent lorsqu'il dit [2] que dans les jours complètement et uniformément couverts, et lorsqu'il règne un vent violent ou un brouillard épais, les deux thermomètres distants de 70 pieds, suivant la verticale, s'accordent à peu près pendant tout le cours de la journée. Marcet [3], sur près de cent observations, n'observe le décroissement de

[1] Voyages de *la Recherche* en Scandinavie, Laponie, etc. (*Météorologie*, tom. III, pag. 94.)]

[2] *Loc. cit.*, pag. 179.

[3] *Loc. cit.*, pag. 9.

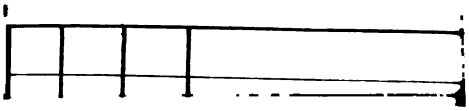
la température que par des vents violents, surtout celui du N.-E. Quant à moi, j'ai vu des décroissements par des temps couverts où l'air était calme au moment du minimum.

Bravais analyse avec soin cette influence; Bossekop, où il observait, est situé sur la côte occidentale de la Laponie par 69°58′ de latitude. En hiver, il n'y a pour ainsi dire que deux vents, la brise de mer et celle de terre; la première soufflant du S.-O., la seconde de l'E.-S.-E. Avant d'arriver à Bossekop, ce dernier vent balaie le plateau lapon, qui est alors couvert de neige et de glace; aussi sa température moyenne a-t-elle été dans l'hiver de 1838 à 1839 de — 10°,7. Ce vent est le vent du beau temps, il s'accompagne d'un ciel serein et correspond par conséquent au N.-O. ou mistral à Montpellier. Pendant qu'il soufflait, l'accroissement était de 0°,033 par mètre en hiver. Pour le mistral, vent de terre également froid et sec, je trouve 0°,078 dans la même saison.

La brise de mer à Bossekop est un vent de S.-O. ou quelquefois de l'O.-N.-O.; en passant sur la mer échauffée par les eaux du *Gulfstream*, elle amène les nuages et élève la température, qui en moyenne était de — 2°,8; cette brise est l'analogue des vents marins de Montpellier, savoir: le S.-E. et le Sud. A Bossekop, avec ces vents il n'y avait plus accroissement de température suivant la hauteur, mais un faible décroissement de 0°,007 par mètre; à Montpellier, nous avons vu qu'en moyenne l'accroissement persiste quoiqu'il soit très-faible, 0°,0015 par mètre pour toute l'année. Ces comparaisons entre deux stations séparées l'une de l'autre par 27 degrés latitudinaux, nous montrent que les phénomènes sont les mêmes. Quelle que soit la direction du vent, s'il est sec, froid et s'accompagne d'un ciel serein, il y aura un accroissement rapide de la température avec la hauteur; s'il est chaud, humide et qu'il couvre le ciel de nuages, l'accroissement sera faible ou même se transformera en décroissement, comme dans les régions supérieures de l'atmosphère.

(*La fin au Fascicule suivant.*)

de l'Académie de Montpellier,
section des Sciences.)



la
m
au

si
il
la
B
n
d
p
M
e
O

l'
el
—
le
d
p
p
c
la
s
il
c
o
ri

RÉSUMÉ

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER,

PENDANT L'ANNÉE 1860;

Par M. Édouard ROCHE.

Ces observations, commencées le 1er janvier 1857 à la Faculté des Sciences, ont été continuées sans interruption. Elles ont lieu trois fois par jour, à huit heures du matin, à midi et à quatre heures du soir, et consistent à noter les indications du baromètre, du thermomètre, de l'hygromètre, l'état du ciel, le vent, les températures maxima et minima, enfin les phénomènes accidentels, comme neige, orages, etc. L'observation du matin est expédiée télégraphiquement à l'Observatoire de Paris.

Le tableau des observations et de leurs moyennes mensuelles et annuelles est inséré dans ce volume. Nous allons en résumer ici les principaux résultats.

Baromètre. — Les hauteurs mesurées ont été ramenées à la température zéro. Si l'on voulait de plus les réduire au niveau de la mer, il faudrait y ajouter $5^{mm},6$, à raison de l'altitude du baromètre qui est de $58^{m},7$ au-dessus du niveau de la Méditerranée.

La plus grande hauteur barométrique 768mm,9 a eu lieu le 8 et le 9 janvier, à huit heures du matin. La plus petite hauteur 733mm,4 a été observée le 9 décembre, à huit heures du matin ; la veille, à quatre heures du soir, le baromètre marquait 736,2; dans la nuit il est descendu au-dessous de 732.

La comparaison du tableau avec ceux des années précédentes montre que le baromètre s'est maintenu, cette année, notablement plus bas que d'ordinaire.

ANNÉES.	HAUTEUR MOYENNE DU BAROMÈTRE.			TEMPÉRATURE moyenne.
	8 h. du matin.	Midi.	4 h. du soir.	
1857	757,23	756,98	756,32	14°,07
1858	757,03	756,64	756,00	14°,55
1859	757,48	757,20	756,52	15°,09
1860	755,85	755,59	754,99	13°,55

Thermomètre. — La température moyenne de 1860, conclue de la demi-somme du maximum et du minimum de chaque jour, a été de 13°,55 centigrades. En 1859 elle avait été 15°,09. La plus haute température 34°,6 a eu lieu le 28 juin; la plus basse — 6°,5 le 11 mars.

Il y a eu dans l'année 27 jours de gelée. Le thermomètre est monté 17 fois au-dessus de 30°. En 1859, il avait dépassé 50 fois 30°, et atteint une fois 40°.

Le jour le plus chaud a été le 28 juin, dont la température moyenne a dépassé 27°; le jour le plus froid a été le 14 février, avec une température moyenne inférieure à —1°. Le mois de février a été très-froid, et comme l'été n'a pas été chaud, il en résulte que cette année a été plus froide, non-seulement que 1859, dont la chaleur fut exceptionnelle, mais encore que les deux années précédentes.

Il importe de remarquer qu'en d'autres points de la ville, ou bien en plaçant le thermomètre dans d'autres conditions, on a pu avoir des températures très-sensiblement différentes de celles obtenues à la Faculté des Sciences. On jugera de cette influence de l'exposition et de l'altitude du ther-

momètre par le tableau suivant, qui contient les moyennes mensuelles des températures minima prises, d'une part à la Faculté des Sciences, et de l'autre à l'École Normale d'instituteurs, située au faubourg Boutonnet, et dont l'altitude est de 36m,6, c'est-à-dire 22 mètres plus bas que l'Observatoire météorologique de la Faculté des Sciences.

1860.	Faculté des Sciences.	École Normale.	1860.	Faculté des Sciences.	École Normale.
Janvier.....	5,0	5,2	Juillet.....	16,7	14,8
Février.....	—0,4	—2,1	Août.....	16,5	14,4
Mars.....	4,0	1,9	Septembre...	13,9	12,8
Avril.....	7,1	5,4	Octobre.....	10,8	8,3
Mai.....	12,4	10,8	Novembre....	6,5	4,2
Juin.....	14,8	13,9	Décembre....	3,5	1,1
			Moyenne.....	9,24	7,40

État du ciel. — Sur les 366 jours de l'année 1860, on en a compté 148 où le ciel a été généralement beau, 128 nuageux et 90 couvert. Il y a eu 90 jours de pluie.

Pluie. — Le pluviomètre placé sur le toit de la salle d'observation, à 14 mètres au-dessus de la place de la Canourgue, et dont l'altitude est de 65m, a reçu cette année une quantité d'eau équivalente à une épaisseur de 1m,005. C'est le double de la pluie tombée en 1859. Les mois de novembre et de janvier ont fourni à eux deux la moitié de la pluie de toute l'année. Les mois de septembre et mai en ont aussi donné beaucoup.

L'année a donc été froide et pluvieuse, et cela coïncide avec une dépression constante qu'ont présentée les hauteurs barométriques.

Les jours remarquables par de fortes pluies ont été le 14 septembre où, en douze heures, il est tombé 88 millimètres d'eau; le 18 janvier, où il est tombé en vingt-quatre heures 99 millimètres, et le 13 novembre 110 milli-

mètres. Les quatre jours 11, 12, 13 et 14 novembre ont donné 220 millimètres de pluie.

ANNÉES.	NOMBRE DES JOURS OÙ LE CIEL A ÉTÉ			JOURS de pluie.	QUANTITÉ de pluie.
	beau.	nuageux.	couvert.		
1857	161	98	106	92	1247mm
1858	196	99	70	77	645
1859	175	110	80	73	506
1860	148	128	90	90	1005

Vent. — Les vents du nord ont été environ deux fois plus fréquents que les vents du sud ; les vents d'ouest plus fréquents que les vents d'est dans la proportion de 4 à 3.

Hygromètre. — Le degré le plus bas marqué par l'hygromètre à cheveu a été 34° le 11 février, à quatre heures du soir, la température étant 3°, et le vent NNO très-fort.

Phénomènes accidentels. — Il est tombé de la neige le 9 et le 12 mars, le 21 et 24 décembre. — On a compté 9 orages.

DISCOURS

Prononcé aux funérailles

DE M. JULES DE CHRISTOL,

MEMBRE CORRESPONDANT DE L'ACADÉMIE;

Par M. Paul GERVAIS.

Le Discours suivant a été prononcé aux funérailles de M. *Jules de Christol*, professeur de géologie et de minéralogie à la Faculté des Sciences de Dijon, doyen de la même Faculté, décédé à Montpellier le 25 juin 1861.

MESSIEURS,

Ce n'était pas à la Faculté de Montpellier que revenait le triste honneur de rendre à M. Jules DE CHRISTOL les derniers devoirs, au nom de la science et de l'Université.

Quoique né dans cette ville[1] et élève de cette Académie, le savant distingué que nous conduisons en ce moment au champ du repos appartient à l'Académie de Dijon, par les plus belles années de son professorat et par ses services administratifs. Reçu docteur à Montpellier en 1834, sur la présentation de thèses relatives à la paléontologie[2], qui sont estimées dans la science, notre confrère fut appelé à occuper la chaire de géologie et de minéralogie, dans la Faculté de Dijon, dès la création de cette Faculté, qui eut lieu en 1837.

Les fortes études qu'il avait commencées parmi vous, et dans lesquelles

[1] M. de Christol (Marie-Gabriel-Jules) est né à Montpellier le 25 août 1802; il y est décédé le 25 juin 1861.

[2] *Recherches sur les caractères des grandes espèces de Rhinocéros fossiles. — Observations générales sur les brèches osseuses.*

il fut puissamment encouragé par M. Marcel de Serres, ainsi que par Gergonne et Dunal, et des découvertes qui lui ont mérité de bonne heure un rang distingué dans la science, justifiaient à tous égards le choix fait dans cette circonstance par le Gouvernement. Comme professeur, il sut mériter toute la confiance des élèves qui s'empressèrent à ses leçons, et ses collègues, de même que l'administration supérieure, rendirent hommage au zèle incessant dont il fit preuve dans l'accomplissement de ses devoirs. C'est principalement aux efforts de M. de Christol que la Faculté des Sciences de Dijon est redevable des bâtiments dans lesquels a été installé son musée universitaire, et c'est par ses soins et par ceux de son savant collègue, M. Brullé, que ce musée s'est plus particulièrement enrichi des belles collections qui en font aujourd'hui l'intérêt et l'ornement. Aussi, lorsque en 1853 le décanat de Dijon devint vacant, en fut-il investi, sur la demande presque unanime de ses collègues. La vigueur de sa constitution permettait d'espérer qu'il remplirait longtemps encore ces honorables fonctions, et qu'il pourrait rendre de nouveaux services au pays et à la science.

Mais il ne m'appartient pas d'apprécier les droits de notre savant compatriote à la reconnaissance d'une autre cité, et je dois laisser le soin de faire le juste éloge de ses titres universitaires au collaborateur dévoué qui, depuis quelque temps, le suppléait comme doyen [1]. Je ne parlerai que de ses découvertes scientifiques. C'est comme homme de science que M. de Christol appartient plus particulièrement à notre Académie. C'est à ce titre surtout que Montpellier le revendique comme l'un des siens, et notre Faculté s'honore d'avoir guidé ses premiers pas dans la carrière qu'il a parcourue avec distinction.

Exalté par la variété et le caractère grandiose des phénomènes géologiques qui ont laissé dans nos contrées méridionales les traces ineffaçables de leur passage, M. Jules de Christol se voua de bonne heure et sans réserve à l'étude des sciences naturelles. Dirigé dans ses premières recherches par des maîtres habiles, et favorisé, comme observateur, par les excellentes qualités de son esprit, il fit de rapides progrès, et, à diverses époques de sa carrière scientifique, il mérita les éloges de l'Académie des sciences de Paris.

---

[1] M. le professeur Brullé.

Frédéric Cuvier[1], de Blainville[2] et d'autres savants éminents se sont chargés d'apprécier ses travaux devant l'Institut. Le zèle scientifique de M. Jules de Christol et l'ardeur que vous lui avez connue étaient dignes de pareilles récompenses; ils l'avaient, en effet, conduit à des découvertes qui ont été enregistrées avec éclat dans les archives scientifiques.

On lui doit les premières indications qui aient été publiées au sujet de la fameuse grotte à ossements de Lunel-Viel[3], dont MM. de Serres, Dubrueil et Jeanjean ont fait ensuite le sujet d'un ouvrage spécial.— Il a comparé avec détail la faune antédiluvienne enfouie dans les sables tertiaires de Montpellier, qui sont d'origine marine, avec celle dont on recueille les débris dans les sables du Riége, près Pézenas, déposés en dehors de l'influence des eaux de la mer[4].— Plusieurs genres de mammifères éteints[5] ont été de sa part l'objet de remarques à la fois précieuses pour la géologie et pour l'anatomie. Il a aussi fait connaître diverses espèces, maintenant anéanties, qui ont habité le sol de ce département pendant l'époque tertiaire supérieure[6]; enfin plusieurs parties de la zoologie relative aux anciens âges du globe ont également profité de ses travaux[7].

Je ne mentionnerai, dans ce moment de solennel adieu, que le Mémoire, souvent cité, dans lequel M. Jules de Christol eut la bonne fortune de rectifier une erreur que, faute de documents suffisants, Georges Cuvier, avait laissé passer dans ses propres ouvrages. M. de Christol prouva que, pour avoir méconnu les relations véritables de certains ossements fossiles découverts en France, ce grand zoologiste avait été conduit à établir à tort, sur l'examen

---

[1] *Comptes-rendus hebd. de l'Acad. de sciences de Paris*, tom. XII, pag. 119.

[2] *Ibid.*, tom. XII, pag. 235.

[3] *Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Paris*, tom. IV.

[4] *Annales des sciences et de l'industrie du midi de la France*, 1832. — *Annales des sciences naturelles*, 2e série, tom. IV.

[5] Le genre *Hipparion* (dans les *Annales des sciences et de l'industrie*, pour 1832). — Le genre *Hipparitherium* (dans les *Comptes-rendus hebdomadaires*, tom. XXIV, pag. 374). — Voir aussi les Notes de M. de Christol: 1° sur la classification parallèle des Pachydermes herbivores, envisagés sous le rapport de leurs dents (*ibid.*, tom. XXIX, pag. 363) et 2° sur la composition de leur membre postérieur (*Bull. Soc. géol. France*, 2e série, tom. IX, pag. 255).

[6] Entre autres, l'espèce de Singes fossiles dans les sables marins de Montpellier. (*Bulletin de la Société de géologie de France*, 1849.)

[7] Note sur le genre *Sinemuria*, etc.

incomplet qu'il avait pu en faire, l'ancienne existence de plusieurs sortes de mammifères différents les uns des autres, tandis qu'il fallait n'y reconnaître que des débris d'un seul et même genre d'aninaux, à la fois distinct de tous ceux auxquels les pièces observées d'abord avaient été attribuées[1]. Ce travail exigeait une connaissance approfondie de l'ostéologie comparée, et M. de Christol a montré plus d'une fois qu'il était aussi versé dans la connaissance de cette branche difficile de la science que dans celle de la géologie et de la minéralogie.

Quelque désir que j'aie d'abréger ces détails scientifiques, dans un moment où la douleur est le seul sentiment qui nous domine, je ne puis cependant me dispenser de rappeler que l'on doit aussi à M. de Christol un rapport[2] concernant l'impression du *Petit Thalamus de Montpellier*, entreprise par notre Société archéologique.

Toutes ces publications, ainsi que les découvertes qui leur ont donné lieu, sont bien connues des hommes compétents, et le cas qu'ils en font prouve que la réputation de M. de Christol était parfaitement méritée. Que ne puis-je, de mon côté, faire ressortir devant vous la valeur de ses recherches avec tous les développements qu'elles comporteraient! Que ne puis-je surtout retracer, avant de nous éloigner de cette froide dépouille, les qualités du cœur et de l'esprit qui distinguaient notre regretté confrère! Un savant illustre, dont le nom est resté vénéré dans l'Université comme dans la science, avait compris tout ce qu'il y avait de bon dans M. de Christol, et il a su l'exprimer dans des termes auxquels nous nous associons tous comme à un hommage à la fois digne et mérité. En proposant au ministre M. Jules de Christol pour la décoration, Thénard, alors vice-chancelier de l'Université, l'appelait « *un homme d'honneur, un professeur habile et très-zélé, un savant très-distingué.*

---

[1] Ce genre est celui qui a été nommé *Metaxytherium*, par M. de Christol. — Voir ses publications à ce sujet, dans les *Annales des sciences et de l'industrie*, ainsi que dans les *Annales des sciences naturelles*, pour 1841.

[2] Broch. in-4°; Montpellier, 1835.

DU GISEMENT

DES

CORPS SIMPLES MÉTALLOÏDES,

Par M. Marcel DE SERRES.

INTRODUCTION.

Nous avons préféré nous occuper du gisement des métalloïdes avant les substances métalliques, parce que nous avons compris que les corps les plus actifs devaient avoir exercé une plus grande influence dans la composition du globe que les principes passifs, quoique ceux-ci soient trois fois plus nombreux que les premiers. En effet, sur 15 éléments métalloïdes, 9 ont eu une grande importance dans cette constitution, c'est-à-dire plus de la moitié; tandis que les substances métalliques avec le même chiffre, c'est-à-dire 9 sur 47, n'ont cependant composé que le cinquième de la totalité des corps simples.

Le Tableau suivant fera mieux comprendre le rang que les corps de ces deux classes occupent dans l'influence qu'ils ont exercée dans la formation de notre planète. Les plus rapprochés du chiffre 1 sont ceux qui ont eu le plus d'importance et ont formé les dépôts les plus étendus. Du reste, les principes immédiats des corps organisés et le silicium sont ceux qui, sous ce rapport, occupent le premier rang. Peu nombreux, ils sont bornés à cinq, après lesquels viennent se joindre des corps moins répandus et dont l'influence moins générale a été beaucoup plus restreinte :

TABLEAU DES MÉTALLOÏDES INFLUENTS.

1. *Oxygène* (gazeux).
2. *Silicium* (solide).
3. *Hydrogène* (gazeux).
4. *Azote* (gazeux).
5. *Carbone* (solide).

Parmi ces cinq métalloïdes, existent les quatre principes immédiats des corps organisés.

11. *Soufre* (solide), moins influent que les métaux des nos 6, 7, 8 et 10.

14. *Chlore* (gazeux), moins influent que les métaux des nos 12 et 13.

15. *Fluor* (solide), probablement gazeux lorsqu'on sera parvenu à le dégager de toute combinaison.

16. *Phosphore* (solide).

Ces trois derniers sont les moins influents des métalloïdes. En résultat, cette classe se compose de neuf corps principaux, parmi lesquels on découvre les quatre les plus influents à des degrés divers; les cinq gazeux ont généralement le plus d'importance.

TABLEAU DES MÉTAUX INFLUENTS.

6. *Aluminium*, métal allopside.
7. *Potassium*, métal hétéropside.
8. *Sodium*, métal hétéropside.
9. *Magnésium*, métal hétéropside.
10. *Calcium*, métal hétéropside.
12. *Fer*, métal autopside.
13. *Cuivre*, métal autopside.
17. *Manganèse*, métal autopside.
18. *Titane*, métal autopside.

En totalité, neuf substances métalliques ont eu de l'influence dans la constitution du globe: un allopside, quatre métaux hétéropsides et le même nombre de métaux autopsides, sur quarante-sept substances métalliques, ou moins du cinquième. Sur ce ce nombre, trente-huit n'ont presque pas d'importance géologique.

Comparés aux corps métalloïdes, les métaux sont peu répandus et se trouvent proportionnellement à leur chiffre beaucoup moins nombreux; car sur quinze, neuf ont eu de l'influence dans la composition du globe, surtout trois d'entre eux.

Le soufre est le seul corps métalloïde influent dans la composition du globe qui soit à l'état natif. On pourrait bien supposer qu'il en est de même de l'oxygène et de l'azote, si l'on ne faisait pas attention que ces deux gaz, quoique n'étant pas en combinaison dans l'atmosphère, s'y trouvent cependant dans un état de mélange particulier et uniforme. Un pareil mélange ne paraît pas se représenter dans aucun des corps considérés comme à l'état natif.

Les métalloïdes réunissent une quinzaine d'éléments, du moins dans la plupart des classifications adoptées maintenant. Parmi ce nombre, il y en a plusieurs qui n'ont que des analogies plus ou moins éloignées. Ainsi, l'une des particularités de cette classe, et qui lui est propre, est d'offrir les corps qui en font partie sous trois états physiques. Considérés sous ce point de vue, on peut les diviser en gazeux, liquides et solides. Les gazeux comprennent l'oxygène, le chlore, l'azote et l'hydrogène; les liquides, le brome; les solides, le soufre, le sélénium, le tellure, le phosphore, l'arsenic, le carbone, le bore, le silicium, l'iode et le fluor, ce corps libre de toute combinaison paraît gazeux.

On peut encore envisager les métalloïdes sous d'autres rapports, par exemple sous celui de leur densité et de leur dureté. Comme ces propriétés sont assez différentes dans les corps solides qui font partie de cette classe, surtout quant à leur dureté, on peut les diviser en plusieurs ordres. Trois corps du premier de ces ordres sont les plus durs de la nature,

et à tel point qu'ils rayent tous les autres éléments et ne sont rayés par aucun. Cette dureté, qui est ici au maximum, a été exprimée par le chiffre 10, tandis que les moins durs ont pour expression de cette propriété les nombres 2,1 et 3,5, nombres bien faibles en comparaison du premier.

Il existe donc chez les métalloïdes des corps très-durs et d'autres assez tendres. Pour les classer d'une manière naturelle, nous les partagerons en deux ordres différents, d'autant qu'il en est de même de leur densité, qui n'est guère, chez les métalloïdes durs, que de 2,6 à 3, tandis que la pesanteur spécifique des tendres s'élève de 4,8 à 6,11.

Nous nommerons les derniers métalloïdes *apalides*, mot dérivé de ἁπαλὸς qui signifie *quelque chose qui n'est pas dur*, ce qui convient parfaitement à ces éléments, dont les propriétés diffèrent assez essentiellement de la grande cohésion qui distingue les corps du second ordre. Ceux-ci ont été désignés par le mot de métalloïdes *sclériques*, expression dérivée du mot grec σκληρὸς, par lequel on désignait des corps durs.

Ces ordres suffisent pour embrasser la totalité des métalloïdes et les circonscrire d'une manière convenable, quant à la diversité de leurs propriétés qui se rapportent à leur dureté ou à leur état de mollesse.

Nous allons donc examiner ces corps, les plus puissants et les plus actifs de la nature brute, sous d'autres points de vue qui n'ont pas moins d'intérêt que ceux sous lesquels nous venons de les considérer.

Les principaux éléments des êtres organisés proviennent tous, sans exception, des corps simples de la nature inorganique, quoique ces derniers soient loin de s'y rencontrer en totalité. Les éléments généraux des corps vivants sont communs aux deux règnes, ce qui annonce qu'ils ne sont pas sans quelques analogies. Les végétaux, qui les tirent du sol, de l'eau et de l'air, les préparent et les élaborent d'une manière toute spéciale. Ils les rendent propres à servir à l'alimentation du règne le plus élevé et de l'homme en particulier, que la puissance créatrice a placé sur la surface du globe pour en comprendre et en admirer les merveilles.

Ces corps élémentaires dérivent tous de la classe la plus influente, et par cela même la plus importante de celles qui entrent dans la composition de la terre. Ils appartiennent tous aux métalloïdes, classe où l'on découvre, non-seulement les corps minéralisateurs ou les principes éminemment électro-négatifs, mais les plus répandus et par cela même les plus prédominants.

En effet, l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le carbone, les principes généraux des êtres vivants et qui les composent de la manière la plus essentielle, sont les plus disséminés à la surface et dans l'intérieur du globe. Le principe le plus actif de ces quatre métalloïdes, en s'unissant avec le silicium, autre corps de la même classe, est si abondant au milieu des couches terrestres, qu'il en compose les quatre-vingt dix centièmes. Ce chiffre nous indique assez quelle est son importance dans la constitution de notre planète.

Cette circonstance nous a porté à reunir dans un seul tableau l'exposé de tout ce que nous savons sur le gisement des corps métalloïdes et ce que nos propres observations nous

ont permis d'ajouter aux connaissances acquises. Pour rendre ce tableau plus complet et y comprendre l'ensemble de tous les corps bruts, nous publierons sous peu l'histoire du gisement des substances métalliques. Quoique les espèces de cette classe soient trois fois plus nombreuses que celles des métalloïdes, elles ne nous offriront pas une si haute importance, soit par leur nombre, soit parce qu'elles sont sous l'influence des premières, qui les ont en quelque sorte dominées et plus ou moins profondément minéralisées.

DES CORPS SIMPLES INORGANIQUES.

Les corps simples de la nature inorganique ont été divisés en deux ordres principaux : en métalloïdes et en métaux [1]. Tous sans exception appartiennent à la nature brute ou inanimée, et ceux que l'on retrouve chez les êtres organisés proviennent du sol, de l'eau ou de l'air. Les végétaux les élaborent et les livrent ensuite aux animaux, auxquels ces mêmes corps qui ont subi des modifications plus ou moins profondes, servent de matière alimentaire.

Les métalloïdes les moins nombreux et les plus actifs ont été considérés par les anciens minéralogistes comme des corps essentiellement minéralisateurs, par suite de l'influence qu'ils exercent sur les autres corps simples ou les métaux. Ceux-ci, influencés et en quelque sorte soumis à l'avidité des premiers pour les combinaisons, ont été aussi envisagés comme passifs et considérés comme des corps minéralisés.

Les minéralisateurs ou les principes actifs ne sont que 15 sur 62, c'est-à-dire moins du quart; tandis que les minéralisés ou les principes passifs forment, quant à ce nombre 62, plus des trois quarts de la totalité. Comparés aux métalloïdes, les métaux au nombre de 47 sont au chiffre des premiers qui est de 15, plus du tiers.

Ces expressions de minéralisateurs et de minéralisés ont été remplacées dans la science moderne par les mots électro-négatif et électro-positif. Sans avoir le même sens, ces mots expriment cependant une idée analogue, quant à leur manière d'agir. Les uns, principes éminemment actifs, susceptibles de former de nombreuses combinaisons, s'unissent à presque tous les autres corps simples, et jouent par rapport à eux le rôle d'acide, tandis que les éléments électro-positifs fonctionnent comme bases. Ces dénominations indiquent que les corps ne se combinent guère que lorsqu'ils sont dans deux états électriques différents, comme sont les corps électro-négatifs et les éléments électro-positifs. Les premiers se portent constamment au pôle positif de la pile, et les seconds au pôle contraire, c'est-à-dire au côté électro-négatif.

Cet état électrique, loin d'être absolu dans tous les corps, n'est que relatif dans des

---

[1] Il n'est peut-être pas inutile de faire observer qu'il n'existe pas d'autres corps simples que les corps bruts ou inorganiques. Ceux que l'on retrouve chez les êtres organisés en dérivent tous; aussi, les plus répandus dans la nature brute, ils le sont aussi dans la nature animée. Tels sont : l'oxygène, l'azote, le carbone et l'hydrogène.

degrés différents, à part un petit nombre d'exceptions. Il n'y a d'état électrique absolu que chez les éléments qui sont aux extrêmes de chaque série : ainsi l'oxygène, le corps le plus électro-négatif de la nature, jouit, par cela même, des propriétés absolues de ce état électrique; tout comme le potassium, qui possède au plus haut degré les propriétés contraires, est le corps le plus électro-positif. Entre ces états absolus, il existe une infinité d'états intermédiaires, aussi bien chez les métalloïdes que chez les métaux.

DES PROPRIÉTÉS DES CORPS SIMPLES MÉTALLOIDES.

Les métalloïdes, corps éminemment électro-négatifs, se combinent non-seulement avec les substances métalloïdes, mais entre eux, propriété commune aux deux classes de corps.

Associés et unis aux métaux, ils jouent le rôle d'acide et les métaux celui de base; ceux-ci, en s'associant avec l'oxygène, constituent des oxydes qui, pour la plupart, se comportent comme bases.

Les métalloïdes, en s'unissant avec l'oxygène, produisent des combinaisons neutres ou acides; il ne forment pas des composés basiques ni des bases salifiables en se combinant avec ce corps comburant. Ce genre d'association est général chez les métaux, qui sont des corps simples éminemment basiques.

Les métalloïdes s'unissent entre eux ainsi qu'avec les métaux, du moins par les procédés chimiques; ils sont en effet en plus petit nombre dans la nature, où leur combinaison est beaucoup plus restreinte. La classe de corps dont nous nous occupons nous en offre un exemple remarquable dans le chlore, qui ne présente dans la nature aucune combinaison avec l'oxygène, tandis que les procédés chimiques sont parvenus à en produire jusqu'à sept. Cette absence de toute combinaison oxygénée du chlore est d'autant plus remarquable, que ce dernier s'est combiné naturellement avec l'hydrogène et plusieurs substances métalliques. Elle tient probablement à la grande affinité du chlore pour l'hydrogène et quelques métaux, et le peu d'affinité que ce corps gazeux a avec l'oxygène.

Lorsque les métalloïdes s'unissent naturellement aux substances métalliques, ils leur sont ou en nombre égal ou en plus grande quantité, mais pas d'une manière indéfinie. Cet excès est encore plus manifeste dans les combinaisons produites par l'art que dans celles opérées par la nature.

En effet, le maximum des combinaisons de l'oxygène avec d'autres corps simples ne dépasse pas le nombre 5 dans la nature; tels sont les acides azotique, phosphorique et arsénique, etc. Ce nombre s'élève dans les combinaisons chimiques artificielles; l'oxygène présente sept équivalents contre un; les acides perchlorique, per-iodique, perchromique et permanganique en sont des exemples fournis par les procédés chimiques, mais que la nature ne nous offre pourtant pas.

Le nombre des espèces composées naturelles des métalloïdes et des métaux est généralement plus restreint que celui que l'art produit; cette circonstance est tellement manifeste, que nous n'en citerons qu'en petit nombre d'exemples.

Le soufre n'offre dans la nature que deux espèces oxygénées ; l'art en compose jusqu'à huit. Quant à l'azote et au chlore, cinq sont le résultat des procédés chimiques ; le premier n'en a qu'une, et quant au chlore il n'en présente pas une seule naturellement. Les combinaisons du bore, du phosphore et du carbone sont extrêmement bornées dans la nature ; les deux derniers ont une seule combinaison naturelle avec l'oxygène ; quant à l'iode, qui n'en présente pas, il en a deux, quatre ou cinq combinaisons par les procédés chimiques.

Les métalloïdes sont les seuls corps simples qui, à la température et à la pression ordinaire, soient à l'état gazeux, et néanmoins ils sont suceptibles de prendre l'état solide, liquide et gazeux.

On peut citer parmi ceux qui s'offrent principalement sous la forme gazeuse, quatre de ces corps :

1° L'oxgène ; 2° l'azote ; 3° le chlore ; 4° l'hydrogène.

2° Un seul est liquide, le brome, lorsqu'il est dégagé des corps avec lesquels il est combiné.

3° Dix sont solides : 1° le soufre ; 2° le sélénium ; 3° le tellure ; 4° le phosphore ; 5° l'arsenic ; 6° le carbone ; 7° le bore ; 8° le silicium ; 9° l'iode ; 10° le fluor.

Le fluor, libre de toute combinaison, paraît gazeux, il forme même des composés gazeux ; tel est le fluorure de silicium.

Les métalloïdes possèdent rarement l'éclat métallique ; seulement le tellure, l'arsenic, l'iode, le sélénium et le carbone présentent un certain brillant analogue à celui des métaux ; cet éclat ne devient parfois manifeste que par le frottement sur le brunissoir.

Leur densité est aussi généralement au-dessous des métaux ; la pesanteur spécifique la plus considérable de ces corps est celle que présente le tellure, qui est de 6,115 ; l'arsenic n'a en effet pour expression de cette densité que 5,76 ; l'iode que 4,95, et le sélénium que 4,80.

DE LA CLASSIFICATION DES CORPS MÉTALLOÏDES EN CLASSES OU ORDRES.

Les métalloïdes ont été divisés en cinq classes ou ordres, d'après leurs propriétés chimiques et physiques.

Premier ordre. — *Sulfides.*

Cet ordre commence par le corps le plus électro-négatif de la nature, et en même temps le principe minéralisateur le plus actif et le plus avide de combinaisons ; l'oxygène est également le corps le plus répandu dans la nature brute, aussi bien que dans la nature animée ou vivante.

L'ordre des sulfides comprend quatre corps qui, en commençant par le principe actif ou comburant par excellence, sont : 1° l'oxygène ; 2° le soufre ; 3° le sélénium ; 4° le tellure.

L'oxygène natif est gazeux comme six autres corps métalloïdes, c'est-à-dire moins de la moitié, 7 sur 15 ; il passe à l'état liquide ou solide suivant les combinaisons qu'il forme.

Le soufre natif est solide ; la première de ses combinaisons naturelles avec l'oxygène

est gazeuse, tandis que l'acide sulfurique avide d'eau est liquide. L'art a obtenu cet acide sans eau ou anhydre.

Le sélénium n'a pas été trouvé jusqu'à présent à l'état natif ; il n'est connu dans la nature que combiné avec un seul métalloïde, le soufre, et plusieurs substances métalliques dont le nombre est assez considérable.

Le tellure natif, susceptible comme l'arsenic de se volatiliser, forme avec l'oxygène des composés gazeux, dont le moins oxygéné, l'acide tellureux, se trouve dans la nature combiné avec les substances métalliques autopsides formant ainsi des combinaisons solides. Les acides tellureux et tellurique représentent les acides sulfureux et sulfurique, ainsi que l'acide sélénieux et l'acide sélénique, circonstances qui annoncent l'analogie de ces différents corps simples qui forment des combinaisons du même genre.

Ordre II. — *Phosphites.*

Le deuxième ordre se compose des métalloïdes qui, en se combinant avec l'oxygène, produisent des acides assez énergiques et des plus chargés de ce corps essentiellement minéralisateur. L'azote, le phosphore et l'arsenic, qui font partie du même ordre, forment des acides à cinq atomes ou équivalents d'oxygène ; le premier n'a qu'une faible et passagère existence, et se présente peu dans la nature hors de toute combinaison.

L'azote natif est gazeux, il devient liquide par sa dissolution dans l'eau, et passe à l'état solide en se combinant avec les autres corps simples, soit métalloïdes, soit métalliques.

Le phosphore ne se trouve pas dans la nature à l'état natif, il y est combiné constamment avec l'oxygène, mais jamais hors de combinaison. Il constitue de nombreux phosphates par son association avec les substances métalliques hétéropsides ou autopsides.

L'arsenic natif est solide ; il en est de même de l'acide arsénieux, qui, par suite de sa combinaison avec les métaux, forme des arsénites solides comme le sont les arséniates, genre de combinaison plus abondant dans la nature, où l'acide arsénique ne se montre jamais isolé.

Ordre III. — *Silicites.*

Cet ordre se compose du carbone, du bore et du silicium, qui ont cela de particulier d'offrir les corps les plus durs de la nature.

Le carbone, par sa combinaison avec l'oxygène, forme le gaz composé le plus répandu de la nature, et qui s'y trouve dans trois états différents. On ne le rencontre toutefois à l'état solide que par les combinaisons qu'il forme avec les autres corps simples.

Le carbone à l'état natif, ou le diamant, est le corps le plus dur des corps simples.

Le bore est un corps solide, d'une dureté considérable et supérieure à celle du corindon ; il n'a pas été trouvé dans la nature à l'état natif, étant constamment combiné avec l'oxygène, formant un acide, ou associé avec les bases des borates ou des borisilicates.

Le silicium est un métalloïde qui ne s'est pas présenté à l'état natif, mais uniquement à

l'état d'acide libre ou combiné avec les bases, formant les silicates. A l'état d'acide il constitue l'espèce minérale la plus répandue et l'une des plus utiles, formant la base du verre.

Ordre IV. — *Chlorides.*

L'ordre quatrième comprend quatre corps simples qui ont les plus grandes analogies ; ce sont : le chlore, le brome, l'iode et le fluor. Aussi cet ordre est un des plus naturels, considéré à la fois sous le rapport de ses propriétés physiques et chimiques.

Le chlore est un corps gazeux coloré, constamment combiné avec les métalloïdes, soit directement, soit avec les métaux. Les premières combinaisons sont gazeuses, et les autres solides ; l'une d'elles, le chlorure de sodium, a une assez grande importance géologique, par suite du rôle qu'il joue dans les eaux salées et les couches qu'il forme dans certaines parties des continents.

Le brome, dégagé des combinaisons qu'il contracte dans la nature, est le seul métalloïde liquide. Son affinité pour l'hydrogène, sans être aussi grande que celle du chlore, est telle qu'il détruit comme lui les matières colorantes. Ses combinaisons naturelles n'ont pas d'importance géologique.

L'iode est un corps solide constamment combiné dans la nature, ou avec l'ammoniaque, ou avec les substances métalliques hétéropsides et autopsides ; sa couleur est d'un gris bleuâtre métallique, et celle de sa vapeur violette.

Le fluor à l'état de pureté est probablement gazeux ; constamment solide dans la nature, il y est combiné avec les substances métalliques autopsides et hétéropsides, ainsi qu'avec l'acide silicique, formant des fluoro-silicates. Comme le chlore, le fluor a une grande affinité pour l'hydrogène et les substances métalliques ; il attaque le verre, mais faiblement, en comparaison de l'acide fluohydrique, dont l'action sur la silice et sur tous les corps qui contiennent du silicium est des plus remarquables. A la température ordinaire, l'acide fluohydrique décompose la silice pour former de l'eau et un corps gazeux nommé fluorure de silicium ou acide fluosilicique.

C'est sur cette réaction qu'est fondée la gravure sur verre par l'acide fluohydrique.

Ordre V. — *Hydrogénides.*

L'ordre cinquième ne comprend qu'un seul corps, l'hydrogène, le métalloïde le plus électro-positif de cette classe ; aussi M. Dumas a-t-il considéré l'hydrogène comme un métal gazeux, comme le mercure est un métal liquide.

L'hydrogène, le corps gazeux le plus léger de la nature, ne se trouve que rarement à l'état de pureté ou à l'état natif. La base de l'eau, dont il compose deux volumes sur trois, a par cela même une grande importance géologique : l'eau se trouve en effet à l'état de vapeur dans l'air, à l'état liquide dans les mers et les eaux courantes et stagnantes, à

l'état solide dans les régions polaires et montagneuses, enfin dans un grand nombre de matériaux terrestres.

Si la forme de nos livres ne nous avait pas forcé de suivre la série linéaire et non la série circulaire, la classification que nous venons de proposer pour les métalloïdes aurait été plus naturelle et plus conforme au plan que la nature a suivi dans la confection des corps simples métalloïdes.

DES MÉTAUX.

La seconde classe des corps simples est consacrée aux substances métalliques qui sont électro-positives par rapport aux métalloïdes, se portant constamment au pôle négatif de la pile. Le plus électro-positif est le potassium, le corps dont les propriétés sont des plus opposées à celles de l'hydrogène.

Les métaux ne se combinent pas généralement avec tous les autres corps simples, comme les métalloïdes, qui ne forment aucun composé basique et ne produisent pas de base salifiable en s'unissant avec l'oxygène. Ce genre de combinaison est au contraire général chez les substances métalliques, qui jouent constament le rôle de base en s'associant avec l'oxygène, comme les métalloïdes fonctionnent et rémplissent le rôle d'acides.

Les propriétés électro-positives des métaux ne sont pas absolues en se combinant les uns avec les autres ; ainsi, le mercure est électro-positif par rapport à l'argent, tout comme celui-ci est électro-positif par rapport à l'or et à la première de ces substances métalliques.

Certains métaux jouent dans la même combinaison deux rôles opposés, suivant leur degré d'oxydation ; généralement le plus oxygéné remplit le rôle d'acide et le moins celui de base. Le même métal remplit dans la même espèce, par suite de ces circonstances, le rôle d'un sel amphide complet.

Le ferrate de fer (FO^3FO) et le manganate de manganèse ($Mn\,O^3MO$) et plusieurs autres combinaisons, sont des exemples de ce genre de sel, qui se trouve assez fréquemment dans la nature.

Les métaux jouissent d'un éclat particulier, connu sous le nom d'éclat métallique. Il est d'autant plus vif qu'on l'observe chez les métaux les plus parfaits, c'est-à-dire chez les autopsides, surtout chez ceux considérés comme nobles. L'or, l'argent, le platine, en sont des exemples.

Il est même certaines combinaisons où le brillant métallique est plus prononcé que chez le métal qui en fait partie ; tel est le fer, qui, par son association avec le carbone, prend un éclat des plus beaux. Il en est de même de l'union du cuivre et du zinc, qui dans le laiton et le chrysocalle ont pris un brillant presque égal à l'or, brillant qui s'augmente d'une manière sensible par le polissage.

Les métaux perdent leur éclat métallique quand on les amène à un grand degré de division ; ils se présentent pour lors en poudres noires ou grises. Ces poudres redeviennent souvent brillantes, lorsqu'on les frotte avec un corps dur ou qu'on les frappe fortement.

Les métaux sont presque les seuls principes colorants de la nature, surtout les plus parfaits, ou les autopsides. Si le sodium produit réellement la belle couleur bleue du *lapis lazuli*, il serait le seul métal hétéropside qui jouirait de cette propriété remarquable. Quoique les métaux, du moins un de leurs ordres, soient à peu près les seuls principes colorants, leurs couleurs à eux propres sont néanmoins peu variées. Leurs nuances sont le plus généralement blanches ou grises; le rouge n'est que le partage du cuivre et du titane; le jaune est propre à l'or qui a pris le nom même de ce métal; enfin la couleur jaune du laiton caractérise, à ce qu'il paraît, le calcium.

Les métaux offrent divers degrés de pesanteur, depuis le potassium et le sodium, plus légers que l'eau, jusqu'à l'iridium et le platine, les corps les plus denses de la nature, comme l'hydrogène en est le plus léger. Pour se faire une idée de la faible densité de l'hydrogène, il suffit de se rappeler que sa pesanteur spécifique est exprimée par 0,0688, l'atmosphère ou le fluide aériforme qui nous environne étant considéré comme représentant l'unité des corps gazeux.

A l'exception du potassium, qui à la température de 15° ne pèse que 0,865, et le sodium 0,972, comparés à la densité de l'eau, tous les métaux sont plus pesants que ce liquide. Leur remarquable pesanteur offre en outre la particularité de s'augmenter ordinairement par l'errouissage, du moins pour la plupart.

Les métaux pris en masse sont tous opaques; la lumière les traverse cependant lorsqu'on les réduit en lames très-minces. Une feuille d'or battue paraît verte lorsqu'on l'interpose entre l'œil et la lumière.

Les substances métalliques sont en général inodores; cependant l'étain, le cuivre, le fer, le plomb exhalent une odeur particulière, lorsqu'on les frotte fortement même uniquement avec les mains. Quelques-unes de ces substances ont une saveur sensible et désagréable; tels sont par exemple le fer et l'étain.

Leur dureté est assez variable : ainsi, le plomb et l'étain sont très-mous, tandis que le manganèse, l'antimoine et le fer sont très-durs, surtout ce dernier quand il est combiné avec le carbone et qu'il a été soumis à la trempe. La présence de petites quantités de carbone et de silicium, et même quelques alliages, ont une plus grande dureté que celle des métaux qui en font partie. Le soufre, l'arsenic et le phosphore en diminuent la ténacité, en les rendant cassants. Le soufre jouit à un haut degré de cette propriété, toujours désavantageuse, dans les combinaisons qu'il forme.

La ductilité, ou cette propriété dont jouissent certains métaux de s'étendre en fils lorsqu'on les passe à la filière, est caractéristique chez les métaux nobles, tels que l'or, l'argent et le platine; elle l'est encore chez quelques métaux autopsides, tels que le cuivre, le zinc, le plomb, l'étain et le fer.

Il en est à peu près de même de la malléabilité, ou de cette propriété que possèdent certains métaux de s'étendre en feuilles minces sous l'action du marteau ou du laminoir. Les métaux ou les alliages qui ont éprouvé cette action, deviennent souvent durs et cassants.

Du reste, pour continuer à les réduire en fils ou en lames, il faut les recuire de temps en temps et les laisser refroidir lentement.

L'or, l'argent, le cuivre, l'étain, le platine, le plomb, le zinc et le fer sont les métaux les plus malléables; le dernier le devient même davantage par sa combinaison avec le carbone.

La ténacité, ou la force, ou si l'on veut la résistance qui s'oppose à la rupture, est assez variable chez les différents métaux. Le fer, le cuivre, le platine, l'argent et l'or sont au premier rang sous ce rapport, tandis que l'étain, le zinc et le plomb sont au second. La ténacité des substances métalliques diminue avec la température, à quelques exceptions près; il y en a même quelques-unes chez lesquelles cette décroissance marche plus rapidement que la température, et d'autres où le contraire a lieu; tels sont le cuivre, l'or, le platine et le palladium.

Cette propriété présente quelques autres particularités non moins singulières; ainsi, la ténacité du fer est plus faible à 100° qu'à zéro, tandis qu'à 200° elle est plus forte qu'à la consolidation de l'eau.

Quand les métaux sont sonores et élastiques, ces propriétés sont d'autant plus développées qu'ils ont plus de dureté. Cette circonstance paraît s'étendre jusqu'aux alliages; ainsi, le bronze, formé de cuivre et d'étain, est plus dur et en même temps plus sonore que chacun de ces métaux.

La cassure des substances métalliques présente des aspects très-différents; aussi sert-elle à les reconnaître et à les différencier les uns des autres : elle est laminaire dans le bismuth, l'antimoine, le sulfure de plomb, et assez ordinairement granulaire lorsque ce sulfure contient de l'argent; il en est de même de l'étain.

Les formes cristallines sont assez communes chez les corps métalliques; les uns affectent des formes régulières : tels que le cube, l'or, le sulfure de plomb, le cuivre oxydulé; l'octaèdre est la forme du fer oxydulé, du titane, du cuivre syriteux, du sulfure de zinc et du plomb natif; enfin, la plupart cristallisent en formes non régulières, mais purement symétriques.

Les métaux sont, de tous les corps simples, ceux qui conduisent le mieux la chaleur et l'électricité, surtout les métaux autopsides considérés comme nobles, comme l'or, l'argent, le platine, le cuivre, après lesquels viennent le fer, le zinc, l'étain et le plomb. Il en est à peu près ainsi de leur conductibilité pour l'électricité. On peut citer parmi les corps métalliques qui jouissent de cette propriété au plus haut degré, le cuivre, l'or, l'argent, le zinc, le plomb, puis le fer, l'étain, le mercure et le potassium.

Plusieurs substances métalliques n'ont été obtenues jusqu'à présent qu'à l'état pulvérulent; leur conductibilité pour la chaleur et l'électricité sont pour lors peu prononcées; aussi est-il probable, d'après ce que nous savons des propriétés de ces substances à l'état compacte, que, s'ils se présentaient sous cette forme, leur conductibilité serait plus manifeste et plus prononcée.

La fusibilité est encore une propriété fort variable chez les métaux. Ainsi les uns, comme le plomb, l'étain, fondent bien au-dessous de la chaleur rouge, et quelques-uns, comme le potassium, entrent en fusion au-dessous de 100°. D'autres, au contraire, comme le platine, le rhodium, l'iridium, ne fondent qu'au foyer des plus fortes lentilles ou à la flamme du chalumeau à gaz oxygène et hydrogène, surtout le rhodium, qui paraît le moins fusible des corps métalliqués.

ACTION DES MÉTALLOÏDES SUR LES MÉTAUX.

L'oxygène se combine directement avec plusieurs métaux, moins toutefois avec ceux considérés comme nobles qu'avec tous les autres, surtout lorsque l'air est humide. Le fer est de ce nombre, et l'on peut même y comprendre le mercure.

L'action du chlore, du brome, de l'iode, du soufre, de l'arsenic, est à peu près la même; ils s'unissent tacitement avec la plupart des substances métalliques. Le phosphore s'associe directement à certains métaux, surtout à ceux de la première section, tels que le potassium, le sodium, l'yttrium, le baryum, etc. Les combinaisons du carbone, du silicium et du bore, en petit nombre, s'obtiennent en général par des moyens indirects, et cela par les procédés chimiques.

Quelques métaux, tels que le potassium, le sodium, absorbent l'oxygène à la température ordinaire, tandis que la plupart ne passent à l'état d'oxydes qu'à une température plus ou moins élevée. Il en est même, tels que l'or, le platine, le rhodium, l'iridium, qui ne se combinent avec l'oxygène à aucune température; d'autres, comme le fer, le cobalt, etc., dans l'état d'une extrême division, ou en réduisant leurs oxydes par l'hydrogène; ils absorbent, pour lors, l'oxygène de l'air à la température ordinaire et deviennent incandescents.

L'air sec agit sur les substances métalliques comme l'oxygène, mais avec une moindre énergie; quand il est humide, il les oxyde plus rapidement que l'air sec. Il se forme alors des oxydes ordinairement hydratés ou carbonatés.

Plusieurs métaux décomposent l'eau à la température ordinaire : tels sont le potassium, et le sodium; tandis que d'autres, comme le fer, le zinc, l'étain, l'antimoine, n'agissent sur ce liquide qu'à une température voisine du rouge. Enfin, certains d'entre eux, tels que l'or et le platine, n'exercent aucune action sur ce corps composé, même sous l'influence d'une température plus élevée que la chaleur rouge.

Les acides déterminent parfois l'action de l'eau sur plusieurs métaux à une température à laquelle ces métaux ne la décomposeraient pas. L'oxygène de l'eau s'unit, dans ce cas, au métal pour former un oxyde qui se combine avec l'acide, tandis que l'hydrogène se dégage. Certains acides, comme l'acide azotique et sulfurique concentrés, peuvent céder une partie de leur oxygène aux substances métalliques et les faire passer ainsi à un état particulier.

Les métaux se présentent dans la nature à l'état de pureté ou natif; lorsqu'ils sont combinés avec l'oxygène, ils forment des oxydes ou des acides, lesquels, en s'associant les

uns aux autres, produisent des sels oxygénés ou amphides, sortes de combinaisons extrêmement répandues[1]. Les mêmes corps, en s'unissant à certains métalloïdes, comme le chlore, le brome, etc., composent des sels que l'on a nommés *haloïdes*, en raison de leur analogie et de leur ressemblance avec les sels amphides. Le chlorure de sodium ou sel de cuisine en est le principal exemple.

Les substances métalliques, en s'associant avec le soufre, constituent des sulfo-sels, sortes de combinaisons des plus abondamment disséminées dans les couches terrestres, et dont les arts tirent un assez grand parti.

Nous avons divisé les substances métalliques en trois classes principales, une de plus que celles qu'Haüy avait admises et à laquelle nous avons donné le nom d'*allopsides*. Cette dénomination dérive des mots grecs ἀλλος autre ou différent, et de ὠψις aspect, parce que les caractères des allopsides sont particuliers et différents de ceux des autres classes.

La première classe d'Haüy, nommée *hétéropside*, mot dérivé de ἑτερος étrange ou hétérogène, et de ὠψις, comprend les métaux de la première et de la deuxième section de Thénard. Ceux-ci ne présentent jamais dans la nature, et d'eux-mêmes, l'éclat et le brillant métalliques ; lorsqu'ils l'offrent quelques instants, ils le perdent aussitôt à l'air. Ils sont alcalins ou terreux.

Le brillant métallique avait, à l'époque d'Haüy, une plus grande importance qu'aujourd'hui ; car toutes les substances métalliques peuvent l'acquérir maintenant, lorsqu'on parvient à les isoler et à les amener à l'état de pureté. Ce caractère, lié à d'autres propriétés, a encore une assez grande valeur minéralogique; il sert à distinguer les métaux des métalloïdes, qui perdent leur éclat lorsqu'on les râcle, ou qu'on les frotte, ou qu'on les soumet à une certaine division. Il en est de même des uns et des autres, quand cette division est poussée à un point extrême.

La classe des métaux hétéropsides a été sous-divisée par Haüy en plusieurs familles :

I. *Alcalins* : famille dans laquelle il a rangé le *potassium*, le *sodium*, le *lithium* ;

II. *Alcalins terreux* : où il a placé le *baryum*, le *strontium*, le *calcium;*

III. *Terreux* : cette famille, la plus nombreuse, comprend le *magnésium*, l'*aluminium*, le *glucynium*, le *cerium*, l'*yttrium*, l'*erbium*, le *thorium*, le *lanthane*, le *didyme*[2].

La deuxième classe, ou celle des allopsides, comprend des métaux qui, comme les hétéropsides, ne présentent pas naturellement l'éclat métallique. Lorsqu'on parvient à les en faire jouir, ils le conservent indéfiniment à l'air. Ceux-ci font partie de la deuxième section de Thénard.

---

[1] En supposant que le nombre des métaux soit de quarante-sept, celui des substances métalliques à l'état de pureté n'est guère au-delà de huit dans la nature, c'est-à-dire presqu'un sixième de la totalité.

[2] Si nous avons indiqué dans ce tableau des métaux que Haüy n'a jamais connus, c'est afin de mieux faire saisir l'application de sa méthode minéralogique.

La classe des métaux allopsides comprend trois corps métalliques rapportés par Haüy aux métaux hétéropsides terreux. Comme leurs propriétés sont très-particulières et en quelque sorte intermédiaires entre les deux classes fondées par ce grand maître, il nous a paru que, pour rendre cette classification tout à fait régulière, il était nécessaire d'en former un ordre distinct.

Les métaux qui le composent, l'*aluminium*, le *glucynium*, le *zirconium*, ont entre eux de telles analogies et de si grands rapports, qui vont même jusqu'aux caractères spécifiques, qu'il serait bien difficile de les séparer les uns des autres avec quelque apparence de fondement. C'est aussi ce que nous n'avons pas osé faire.

Ils composent, du reste, les métaux les plus durs, qui ne sont surpassés, sous ce rapport, que par trois corps simples, le diamant, le bore et le silicium. Ces corps n'appartiennent pas aux substances métalliques, mais bien aux métalloïdes, ce qui les différencie d'une manière particulière des autres ordres de cette classe. Les métaux allopsides sont, en fait de dureté, ce que les autopsides sont en fait de densité. Les uns et les autres possèdent au plus haut degré ces deux ordres de propriétés.

La troisième classe, ou celles des métaux autopsides, est consacrée à des corps simples qui jouissent par eux-mêmes de l'éclat métallique dans la nature. Ces corps font partie des troisième, quatrième, cinquième et sixième sections de Thénard.

Ils ont été divisés en deux familles principales, c'est-à-dire : 1° en ordinaires ou communs ; 2° en nobles ou parfaits.

La première famille, la plus nombreuse des substances métalliques, comprend le *fer*, le *nickel*, le *cobalt*, le *manganèse*, le *chrome*, le *zinc*, le *cadmium*, l'*étain*, le *titane*, l'*antimoine*, le *bismuth*, le *plomb*, le *cuivre*, l'*uranium*, le *molybdène*, le *vanadium*, le *tungstène*, le *tantale*, le *niobium*, le *pelopium*, l'*ilmenium*.

La seconde famille se compose du *mercure*, de l'*argent*, de l'*or*, du *platine*, de l'*osmium*, de l'*iridium*, du *rhodium*, du *palladium* et du *ruthenium*.

DU GISEMENT GÉNÉRAL DES MÉTALLOÏDES ET DE LEUR IMPORTANCE GÉOLOGIQUE.

Du gisement de l'oxygène et de ses composés.

Quoique le nombre des métalloïdes ou des principes minéralisateurs ne soit pas le tiers des substances métalliques (15 contre 47), ils ne se trouvent pas moins en plus grande quantité à l'*état natif* que ces substances passives ou minéralisées. Huit métaux seulement sur quarante-sept se rencontrent naturellement à l'état natif, c'est-à-dire moins du sixième de la totalité ; tandis que les métalloïdes, au nombre de sept sur quinze, en composent presque la moitié.

Ce rapport nous annonce l'influence que les derniers ont exercée sur les combinaisons et le nombre de celles qu'ils ont produites, par suite de leurs propriétés électro-négatives, différentes de celles dont jouissent les substances métalliques. Du reste, les deux corps

principaux simples de cette classe, tout à fait opposés par leurs propriétés électriques, ont dû, par cela même, tendre à s'associer; ils ont aussi formé une des espèces les plus répandues, soit à l'état de vapeur ou de fluide aériforme, soit à l'état solide, soit surtout à l'état liquide, où elle occupe près des deux tiers de la surface du globe.

Cette espèce, ou l'eau, résulte d'un tiers en volume d'oxygène, le corps le plus électronégatif de la nature, et de deux tiers d'hydrogène, le plus électro-positif des métalloïdes.

I. *Du gisement de l'oxygène.*

Cet aperçu prouve quelle doit être l'importance de l'oxygène dans la confection de la terre, puisque ce corps gazeux se trouve dans les trois principales couches qui la composent. Mais pour nous en faire une idée plus précise, voyons quelle est la proportion de ce principe actif dans la constitution du globe.

L'oxygène forme les 20,8 centièmes de l'air atmosphérique, et le tiers du volume des gaz qui constituent la partie liquide. Sa quantité n'est pas moindre dans la partie solide. En effet, en volume, cette portion est formée par $\frac{788}{1000}$, et, en poids, par $\frac{888}{1000}$, ou environ la moitié.

Cette proportion serait moins considérable si l'on admettait que l'oxygène n'entre que pour les $\frac{50}{100}$ en poids dans l'écorce du globe, chiffre correspondant à environ le quart du poids total des matériaux solides, en supposant à la terre une moyenne densité de 2,5, c'est-à-dire à la moyenne densité des couches qui en composent la surface.

Comme cette densité n'est pas exacte, quant à la terre entière, qui est, non de 2,5, mais de 5,5, le poids de l'oxygène n'est plus pour lors que de $\frac{13}{100}$, ou le huitième du poids total de notre planète.

En supposant que cette proportion, la plus faible que l'on puisse admettre d'après les calculs précédents, fût exacte, elle annoncerait encore une grande proportion d'oxygène dans la portion liquide et solide du globe terrestre, indépendamment de celle qui existe dans l'atmosphère.

On s'en étonne peu lorsqu'on considère que les principales substances minérales qui entrent dans la composition du globe sont, pour la plupart, des composés oxygénés. En effet, la terre est formée de $\frac{50}{100}$ de quartz ou d'acide silicique[1], de $\frac{50}{100}$ de silicates et de $\frac{0}{100}$ de carbonates de chaux, c'est-à-dire de $\frac{50}{100}$ de matières minérales oxygénées. Quant aux $\frac{0}{100}$ restants, les matériaux qui en font partie ne sont pas tous dépourvus d'oxygène, à l'exception cependant des corps simples à l'état natif et des sels haloïdes, qui en sont entièrement privés. Les autres minéraux n'entrent dans la composition de notre planète

---

[1] La silice est composée, suivant Berzélius, de 48,4 de silicium et de 56 d'oxygène; si donc l'oxygène contenu dans la silice et les silicates reprenait son état gazeux, il est facile de comprendre combien le volume de ce corps contenu dans l'atmosphère serait augmenté.

que pour une faible portion des $\frac{8}{100}$ restant des $\frac{92}{100}$ qui appartiennent aux corps oxygénés.

En résumé, notre planète est formée en grande partie par l'oxygène, puisque ce gaz compose les $\frac{20}{100}$ du volume de l'atmosphère, le tiers en volume de l'eau et les $\frac{488}{1000}$ en volume de la partie solide, ou les $\frac{474}{1000}$ en poids.

L'oxygène est non-seulement très-répandu dans les différents matériaux qui composent notre planète, mais il est également abondant dans les pierres météoriques. Les pierres extra-telluriques sont essentiellement formées par des substances oxygénées, parmi lesquelles nous signalerons principalement le fer et la silice.

Nous ignorons quels sont les principes constitutifs de l'intérieur de notre planète, mais nous savons toutefois que la silice, les silicates et les peroxydes sont généralement plus abondants dans les terrains anciens les plus bas placés, ou les plutoniques et les formations primaires, que dans les dépôts qui leur ont immédiatement succédé.

Nous savons également que, parmi les peroxydes, ceux qui n'offrent pas la moindre trace d'eau de composition et sont complètement anhydres, s'enfoncent plus profondément dans le sein de la terre que les peroxydes hydratés. Les sels doubles paraissent descendre plus bas dans les profondeurs de notre planète que les sels simples. Ces circonstances annoncent que l'oxygène est probablement en plus grande quantité dans l'intérieur du globe que vers sa surface, ce qui prouve la haute influence que cet élément a exercée dans la constitution de la terre.

DU GISEMENT GÉNÉRAL DU SOUFRE ET DE SES COMPOSÉS.

A. *Du soufre natif des terrains plutoniques et primaires, ou de transition.*

Le soufre est un des métalloïdes solides les plus répandus ; il paraît se trouver à l'état de sulfure et de sulfate dans des terrains plus anciens qu'à l'état de pureté ou à l'état natif. On le rencontre peu hors de toute combinaison au-dessous des terrains primaires ; il en occupe rarement les parties inférieures.

Les seuls échantillons de soufre pur sur lesquels il y ait quelques doutes, par rapport à l'ancienneté des terrains où ils ont été rencontrés, sont ceux que MM. de Humboldt et Eschwegge ont observés dans des roches d'une puissance de 400 mètres, subordonnées aux mica-schistes de Tiesan dans la Cordillière de Quito.

Il n'en est pas tout à fait ainsi du soufre natif, que Humboldt a aperçu dans les roches de quartz placées sur la limite des porphyres de transition et des calcaires alpins (*zechstein*) et cela dans les Andes de Caxamarca au Pérou. Ce calcaire appartient à la partie supérieure des terrains permiens, le groupe le plus récent des dépôts primaires.

Beudant a également rencontré du soufre natif dans des gypses intermédiaires ou de transition, qui lui ont paru fort rapprochés des diorites de Kolinka, sur la pointe septentrionale de l'Ostroszki en Hongrie. Le même combustible existe également dans les gypses de transition de différentes localités, principalement à Pesay dans la Tarentaise ainsi que dans

le Dauphiné. C'est surtout dans les calcaires alpins que ce métalloïde est le plus abondant.

On découvre enfin le soufre natif dans quelques filons ; il y est en si faible quantité qu'il n'est nulle part l'objet d'une exploitation régulière, quoiqu'il ne soit pas très-rare au milieu des filons qui traversent les roches de différents âges. On en observe dans ceux des minerais de cuivre qui se sont fait jour à travers les granites, dans les environs de Scharzwald. Il en est de même des filons de sulfure de plomb, des mines d'or d'Ekatherinenbourg, qui se trouvent dans les calcaires de transition ou des terrains primaires. On en cite également dans les filons métallifères de Challanches dans le Dauphiné, ainsi que dans les mines de cuivre pyriteux de la Souabe.

Le soufre natif se trouve enfin dans des terrains plus récents que ceux dont nous venons de parler; tels sont les soufres que l'on rencontre dans les terrains secondaires, tertiaires et volcaniques; ils sont particulièrement abondants dans les derniers terrains.

Le soufre reparaît dès les formations secondaires les plus anciennes, à travers lesquelles il se continue pour former des dépôts plus ou moins puissants dans les parties moyennes et supérieures des mêmes formations. Ce corps s'y rencontre principalement dans les roches calcaires auxquelles les dépôts salifères sont subordonnés, et dans les marnes qui s'y trouvent intercalées.

Le même combustible se présente en bancs ou en nids plus ou moins étendus, qui dans certaines circonstances ont plusieurs mètres d'épaisseur, et dans d'autres ont à peine quelques centimètres, et cela au milieu des grès bigarrés. Il y est accompagné par des couches plus ou moins puissantes de sel gemme, d'argile muriatifère, de gypse et d'anhydrite.

On a également signalé ce corps simple dans les marbres grenus de Carrare, que l'on avait supposé appartenir aux terrains les plus anciens, par suite de leur structure cristalline, l'absence de tout corps organisé et leur passage vers les parties inférieures des schistes et des mica-schistes grenatiques. Ces dernières roches se confondent à leur base avec les gneiss. Malgré ces apparences, il a été démontré que les grès et les schistes secondaires au milieu desquels se trouvent les marbres de Carrare, avaient été modifiés par l'action métamorphique, et que les uns et les autres se rapportaient à l'époque oolithique qui, comme on le sait, fait partie de la période jurassique.

Le soufre natif étant non-seulement un dépôt volcanique mais de sédiment, il est tout naturel de le rencontrer dans les terrains tertiaires; il y est toutefois moins abondant que dans les formations plus anciennes.

On ne le trouve guère qu'en petites quantités dans les gypses calcarifères de Paris et de ses environs, surtout dans ceux de Meaux. Il en est de même du soufre, des lignites tertiaires d'Astern en Thuringe, quoique ce métalloïde accompagne le plus ordinairement les lignites et le gypse.... On peut, enfin, en dire tout autant du soufre que l'on découvre dans les mines de gypse exploitées près de Malvézy, dans les environs de Narbonne.

Il en est cependant différemment du soufre des formations secondaires de la Sicile. Il y

est constamment associé au gypse, au sulfate de strontiane, et quelquefois au sel gemme et au bitume. Les couches marneuses d'eau douce dans lesquelles on le découvre contiennent aussi, dans certaines circonstances, des lignites et du succin.

Le terrain soufrier de la Sicile est placé au-dessous du calcaire à nummulithes et des couches inférieures des formations tertiaires. Son âge correspond au calcaire grossier parisien, c'est-à-dire au groupe éocène moyen.

Cette formation du soufre provient probablement du résultat de la décomposition du gypse, par l'action des matières organiques que contiennent les marnes bleues ou azurines intercalées au milieu du gypse. Cette décomposition a été grandement favorisée par l'influence des phénomènes ignés auxquels la Sicile a été en proie.

Telle est la composition géologique de l'ensemble des terrains qui, en Sicile et en Calabre, contiennent du soufre, du succin et parfois du sel gemme. Cette dernière substance est du reste plus abondante dans les formations secondaires que dans les tertiaires.

Aussi Dufrénoy n'a pas hésité à considérer la position du soufre de la Sicile, de Conillas, en Catalogne, ainsi que celle de Salies, dans les Basses-Pyrénées, comme se trouvant dans le calcaire crétacé supérieur au terrain à hippurites ou craie chloritée. Les dépôts à soufre sont recouverts par des couches discordantes des formations tertiaires, ce qui indique que ces formations n'appartiennent pas à la même époque que les roches qui les recouvrent.

L'association constante que l'on voit en Sicile, en Espagne et dans les Pyrénées entre le soufre et le sel gemme, se reproduit également dans le nord de l'Europe, et, ce qui est non moins remarquable, partout avec les mêmes circonstances.

On est naturellement enclin à rapporter aux produits volcaniques le soufre d'un certain nombre de matériaux qui composent l'écorce terrestre; cependant la quantité de ce combustible qui appartient aux produits ignés est beaucoup moindre qu'on le supposerait, d'après l'abondance qu'il présente dans certaines localités, comme les soufrières, par exemple, où le soufre natif ou combiné est accumulé avec une sorte de profusion.

L'une des plus remarquables, considérée sous le point de vue de la quantité de ce combustible qu'elle contient, est la soufrière des environs de Pouzzoles, dans le royaume de Naples. Elle fournit, en effet, depuis le commencement de l'ère chrétienne, ou du moins depuis Pline, la plus grande partie de cette matière employée en Europe. Aux yeux de Breislack, ce combustible serait le résultat de la décomposition de l'acide sulfhydrique qui se dégage avec la plus grande fréquence de cette soufrière; aussi cet observateur a-t-il supposé qu'elle avait été le cratère d'un ancien volcan.

Les amas de soufre des États Romains, dont l'origine volcanique ne peut être douteuse, en fournissent également une assez grande quantité. Quant à ceux du duché d'Urbin, ils en donnent de même; mais l'on n'est pas certain que ces soufrières dépendent des mêmes causes, quoique cela soit assez probable.

L'Islande, surtout les localités de l'extrémité orientale et occidentale de cette île, offre la même matière en grandes masses. Elle est d'autant plus facile à recueillir, qu'elle se trouve à la surface du sol.

Les soufrières de la Guadeloupe, ainsi que celles des environs de Quito, en Amérique, et de plusieurs autres localités des Cordillières, fournissent ce combustible d'une assez grande pureté, puisqu'il se forme par sublimation; aussi est-il exploité avec avantage.

Ce métalloïde se rencontre peu dans les roches basaltiques. On n'en a guère cité qu'un seul exemple, celui que présentent les roches d'épanchement de l'île Bourbon. Il est beaucoup plus fréquent dans les terrains trachytiques et dans ceux dont les matériaux paraissent être des granites fondus.

Ce combustible ne se trouve pas seulement dans les soufrières des terrains volcaniques, on le rencontre également sublimé et en petits cristaux isolés ou engagés dans la masse même des roches. On l'observe de même en couches ou en petits filons, ainsi qu'en poussière ou en fragments plus ou moins ténus, dans les fentes des laves ou des roches volcaniques plus ou moins altérées. Le filon de soufre que Humboldt a aperçu dans le quartz compacte de la montagne de Quito, entre Alaussi et Tiscan, est un des plus fameux, et par conséquent l'un des plus connus.

Le soufre existe donc au milieu des volcans éteints et brûlants; il paraît toutefois plus abondant chez les derniers que chez ceux qui ont complètement cessé leur action. Peut-être cette différence tient-elle à la diversité de la profondeur des foyers où leur action se trouve. Cette profondeur permet dans certains cas au soufre de se vaporiser et de former des combinaisons nombreuses, tandis qu'il en est tout le contraire dans d'autres circonstances.

DU GISEMENT GÉNÉRAL DES SULFATES.

Les sulfates, quoique peu abondants dans les terrains plutoniques, n'en ont pas moins des positions géologiques assez variées. Le sulfate de baryte, le plus généralement disséminé, se trouve à la fois dans les premiers de ces terrains, ainsi que dans les formations métamorphiques et primaires, surtout dans les filons où il accompagne les minerais métallifères.

Ce sulfate paraît donc un des plus anciens de ce genre; il a du moins précédé le gypse, qui n'a guère apparu qu'avec les terrains primaires, mais non avec ceux de la date la plus reculée.

La barytine, abondamment répandue dans les formations plutoniques et métamorphiques, ainsi que dans les dépôts primaires et secondaires, disparaît en quelque sorte dans les terrains tertiaires, où l'on en découvre à peine quelques traces dans les fissures où ont été entraînés les dépôts de transport anciens, nommés aussi diluviens. Il en est à peu près de même dans les fentes de l'époque quaternaire, où l'on ne découvre plus de filons métallifères, mais seulement des filons fragmentaires remplis par le haut.

Le gypse ou sulfate de chaux, peu abondant dans les terrains primaires, le devient cependant à l'époque secondaire, surtout dans les formations triasiques, où parfois il est accompagné par le sel gemme, le soufre et le bitume; il devient pour lors l'objet d'exploitations

régulières et profitables. Contrairement au sulfate de baryte, le gypse est abondant dans les terrains tertiaires, où il compose des collines plus ou moins élevées.

On trouve rarement le sulfate de chaux dans les dépôts quaternaires, quoiqu'il se forme journellement à l'époque actuelle à la surface des terrains marneux et argileux; il en est de même dans les lieux où l'on fait évaporer les eaux de la mer, afin d'en retirer le sel qu'elles contiennent.

DU GISEMENT DE QUELQUES SULFATES EN PARTICULIER.

A. *Du gisement du sulfate de baryte et du sulfate de chaux anhydre.*

La barytine anhydre, généralement une matière de filon, sert principalement de gangue aux minerais de plomb, d'argent, de mercure, de zinc et de quelques autres métaux. On la voit également en veines ou en petits filons, depuis les roches granitiques et porphyriques jusqu'aux matériaux de sédiment, surtout dans le grès rouge.

On la rencontre enfin en petits nids dans les argiles secondaires de différents étages de sédiment inférieur. Ce sel semble toutefois disparaître à partir des anciens dépôts jurassiques; il constitue à lui seul des amas et des filons dans les formations granitiques.

Le sulfate de baryte a les plus grandes analogies avec les mêmes sels de strontiane et de plomb. Ces sels sont remarquables par leur grande densité et leurs formes cristallines; elles peuvent toutes être ramenées à des prismes droits rhomboïdaux, c'est-à-dire au troisième système cristallin.

Le sulfate de chaux anhydre ou anhydrite forme des masses très-considérables à la jonction des terrains de cristallisation et de sédiment. Ce sel a été probablement produit, comme le sulfate de chaux hydraté, par l'action des vapeurs sulfureuses sur les couches calcaires; aussi la karstenite ne forme pas à elle seule des couches continues d'une montagne à une autre, mais des dépôts enchatonnés ou enclavés dans les roches sur les flancs des montagnes.

On rencontre aussi ce minéral dans la partie inférieure des terrains de sédiment, d'où il disparaît à mesure que ces terrains s'éloignent des formations cristallines. On le rencontre néanmoins avec une assez grande abondance au milieu des terrains salifères, ou terrains triasiques, en amas plus ou moins considérables ou en veinules fibreuses qui présentent ce genre de structure d'une manière assez prononcée.

Cette espèce très-hygrométrique prend à l'air une partie de l'eau qui lui manque; les mines de Bex (en Suisse) en fournissent de nombreux exemples. Aussi est-il probable que bien des gypses ont pris de l'eau de cette manière. Les analyses confirment du reste ce point de fait, car elles annoncent des proportions d'eau de beaucoup inférieures à celles que renferme le sulfate de chaux hydraté et même en partie épigène.

L'anhydrite accompagne assez ordinairement le chlorure de sodium, ainsi que le gypse. On le retrouve avec ces deux substances dans les salines de Bex (en Suisse), de Hall (en Tyrol), ainsi que dans celles du pays de Salzbourg.

Ce sel ne se trouve avec une certaine abondance que dans la partie inférieure des terrains secondaires. Il ne s'élève pas plus haut, quoiqu'il se rencontre plus fréquemment avec le sel gemme qu'avec le gypse.

Le sulfate de strontiane paraît moins ancien que le gypse et la barytine : du moins on ne l'aperçoit pas avant le dépôt du lias, où il accompagne le gypse et le sel gemme. Il en est ainsi de la strontianite, qui appartient aux dépôts tertiaires, où elle joue à peu près le même rôle que dans les terrains jurassiques.

On rencontre également ce sel dans les formations crétacées néocomiennes, et plus tard à ce qu'il paraît dans la craie blanche. On le voit aussi dans les formations volcaniques au milieu des basaltes, ou des terrains d'épanchement, ou enfin entre les masses des amygdaloïdes.

Les divers sels d'alumine semblent être les plus jeunes des sulfates. On ne les aperçoit pas avant l'argile plastique, la couche la plus inférieure du groupe *éocène*, du moins en Europe. M. Boussaingault suppose cependant avoir aperçu le sulfate d'alumine ou l'alunogène dans les schistes intermédiaires de la Colombie.

Il est non moins digne de remarque de voir le groupe *éocène* être le dernier où l'on découvre des argiles assez pures pour être employées à la fabrication des aluns ; elles deviennent ensuite, et après l'argile plastique, si chargées de carbonate de chaux, que l'on ne peut guère les utiliser sous ce rapport.

B. *Du gisement du sulfate de chaux hydraté, ou gypse proprement dit.*

Le gypse commence avec les terrains primaires, moins cependant avec les formations inférieures qu'avec les supérieures, surtout lors du dépôt des terrains permiens. Il n'y forme pas cependant des couches régulières ni par conséquent bien réglées ; il se présente souvent sur les flancs des vallées et même sur les bords des grands cirques que l'on voit sur les hautes montagnes.

Cette substance accompagne aussi certaines roches éruptives, telles que les serpentines, les amygdaloïdes et les diallages, qui forment des collines allongées dans les terrains primaires, autour desquelles et à une distance peu considérable on ne découvre plus que des roches de carbonate de chaux.

Le gypse est donc abondant dans les terrains primaires supérieurs ; il y forme des amas plus ou moins étendus et reparaît plus tard au milieu des terrains triasiques, surtout dans le grès bigarré, le calcaire conchylien et les marnes irisées ; il s'élève même jusque dans le lias. Ce sulfate hydraté disparaît dans les formations jurassiques moyennes et se montre de nouveau dans les parties récentes de ces formations.

On le revoit ensuite au milieu des grès verts qui précèdent la craie blanche, et enfin dans les terrains tertiaires, où il forme des dépôts assez considérables au-dessus du calcaire grossier parisien. Le gypse prend un grand développement dans la butte de Montmartre et ses environs, où il est caractérisé par de nombreux débris de mammifères, d'oiseaux, de reptiles et de poissons.

Le sulfate de chaux d'Aix (en Provence), qui appartient à une époque un peu plus récente, quoique riche en débris organiques, n'est pas caractérisé en Provence par les mêmes formes organiques que le gypse des environs de Paris. On y voit à peine quelques traces de mammifères et d'oiseaux, mais seulement des reptiles des ordres des chéloniens et des batraciens et une assez grande quantité de poissons. Enfin, de nombreux invertébrés, particulièrement de l'ordre des insectes, caractérisent, avec une grande quantité de végétaux, cette formation tertiaire qui a peu de caractères communs avec celle de Montmartre. Elle n'en a pas davantage avec la faune d'Arnissan près de Narbonne, et du Lac dans les environs de Sigean, également situé dans le département de l'Aude.

DU GISEMENT GÉNÉRAL DES ALUNS.

D'après ce que nous avons dit des aluns que l'on découvre dans la nature, on a pu comprendre que ces sels ont une composition assez variée. Il paraît en être de même de leur gisement, quoiqu'ils se rapportent à peu près tous à des terrains ou des roches ignées qui renferment ordinairement les matériaux essentiels à leur composition, le soufre et l'alumine.

Aussi les aluns se forment maintenant dans la plupart des lieux où se trouvent ces deux espèces minérales et où il existe des foyers de combustion, tels, par exemple, que les solfatares et les houillères embrasées par une cause quelconque. Ce n'est pas seulement dans les solfatares en pleine activité, mais dans les anciennes solfatares qui ont cessé complètement leurs éruptions, que l'on en découvre des quantités plus ou moins considérables.

Les trachytes sont leur gisement ordinaire, ainsi que les terrains métamorphiques qui ont généralement subi une température élevée, circonstance favorable à la formation des aluns. Aussi les terrains volcaniques sont généralement riches en sulfate d'alumine. On sait que les actions métamorphiques ont transformé, dans bien des cas, les marnes argileuses en pierres alunifères, tout comme les calcaires compactes en calcaires cristallins; ces faits prouvent l'influence que la chaleur a exercée sur ce genre de phénomène.

L'eau n'est pas non plus sans effet sur la formation des aluns; aussi plusieurs eaux minérales en contiennent d'assez grandes quantités. Dans d'autres circonstances, elle favorise les efflorescences qui recouvrent les schistes argileux ou alumineux, impropres ou parfois formés des éléments des aluns.

Ordre premier. — III. Du sélénium.

Du gisement du sélénium.

Le sélénium ne forme qu'un certain nombre de combinaisons avec les métalloïdes et les métaux; nous citerons d'abord le sulfure de sélénium, trouvé dans un certain nombre de produits volcaniques. Ce gisement est une nouvelle preuve que les corps qui ont des propriétés

chimiques analogues, se rencontrent fréquemment ensemble dans la nature et dans les mêmes circonstances. Le sélénium accompagne également le sulfure de fer et particulièrement les pyrites de Fahlun en Suède ; c'est même dans ce gisement que ce corps a été découvert.

Quoique les combinaisons naturelles du sélénium avec les métalloïdes soient très-bornées, la chimie n'en est pas moins parvenue à en produire un certain nombre.

Les combinaisons du sélénium avec les substances métalliques sont uniquement connues dans les gites métallifères ; elles y accompagnent surtout les minerais de cuivre et de plomb. Ainsi, l'on découvre dans les masses ou les couches terrestres, le séléniure de plomb, le séléniure de plomb et de mercure, le séléniure de plomb et de cuivre, le séléniure de cuivre, le séléniure de cuivre et d'argent, le séléniure de zinc, le séléniure de zinc et de mercure.

Il existe donc des séléniures simples et des séléniures doubles, c'est-à-dire des combinaisons où le sélénium est associé à deux bases différentes. Ces combinaisons sont les plus complexes de celles que le sélénium forme, du moins jusqu'à présent, dans la nature. On n'y a pas encore aperçu de séléniure multiple.

Il est toutefois une combinaison d'un tout autre genre que celles que nous venons de signaler : c'est celle que le séléniure de bismuth forme avec le tellurure du même métal. Cet ordre d'association présente, dans la même espèce minérale, un seul métal uni à deux corps différents fonctionnant comme acides ou principes électro-négatifs. De pareilles combinaisons ne sont pas très-rares dans la nature ; aussi nous bornerons-nous à signaler les exemples suivants :

Tel est le sulfure d'argent et d'antimoine, ou argent antimonié sulfuré, et le sulfure de plomb, d'antimoine et de cuivre, ou bournonite ; le soufre est combiné dans cette espèce avec trois bases métalliques différentes.

Du gisement des tellurures.

Le tellure et ses combinaisons sont des matières minérales accidentelles des filons argentifères. Ce corps est plus rare seul que combiné avec l'or, l'argent, le plomb ou le bismuth ; c'est donc un métalloïde subordonné aux gites métallifères dont la gangue ordinaire est le carbonate de chaux et la roche encaissante la grauwacke.

Le tellure combiné avec les différents métaux appartient à la zone tempérée boréale ; il est du moins connu dans plusieurs localités de cette région, et particulièrement dans les roches porphyriques aurifères du terrain crétacé de la Transylvanie, à Nagyag, Offenbanya et Fairabay [1]. Ces terrains tellurifères paraissent appartenir aux formations trachitiques.

Ces trois localités avaient été longtemps considérées comme les seules où le tellure existait ; mais depuis lors on en a rencontré dans la Norwège et ensuite à Forquin près

[1] Les mines de Fairabay paraissent les seules où l'on ait rencontré le tellure natif.

de Mariana, dans la province de Minas-Géraès au Brésil, à Borsony sur les bords de l'Èpèlysag, et à Schernowitz sur les rives de la Gran, et à Bastnarès dans le Westmoreland, où elle est accompagnée par le cérénite. Les filons du tellure ne sont nulle part ni riches ni puissants; ils ne dépassent guère plusieurs centimètres, et encore sur des étendues peu considérables.

On peut citer comme des raretés, le tellurure de bismuth de Rotzbanya, de Schemnitz, de la Scandinavie et du Brésil. Il en est de même des tellurures d'argent et de plomb de l'Altaï, enfin du tellurure nickelifère ou hererite du Mexique.

Les minerais qui contiennent du tellure constituent des espèces assez variées, où dominent des mélanges en proportions différentes de tellurure, d'antimoniures, d'or, d'argent et de plomb. L'acide tellureux a été trouvé dans des géodes de quartz tellurifères; il y forme de petites boules d'un blanc jaunâtre ou grisâtre d'une texture fibreuse, en linéaments extrêmement fins. Avant les travaux de M. Petz sur les minerais de tellure, on ignorait la présence de cet acide dans la nature [1].

La gangue la plus ordinaire des minerais de tellure est le quartz ou le carbonate de chaux et de manganèse. Ces minerais s'y trouvent parfois disséminés en feuillets très-minces, ou en géodes et en veinules; de nombreux métaux accompagnent principalement ce métalloïde, tels sont: l'or, le plomb, le cuivre, le zinc, l'argent et le bismuth. Ils se montrent du reste intercalés au milieu des porphyres souvent dioritiques ou des grès régulièrement stratifiés.

La variété de tellure connu sous le nom de tellure auro-plombifère est accompagnée par le sulfate de zinc, le carbonate de manganèse rose et le silicate du même métal; aussi est-elle ordinairement associée au quartz, qui lui sert presque constamment de gangue.

---

[1] Voyez la *Revue scientifique* de M. Quesneville, février, 1844, pag. 247.

SUR

LE CHAUFFAGE AU GAZ

DANS

LES LABORATOIRES DE CHIMIE;

Par MM. G. CHANCEL et E. DIACON.

L'introduction, dans les laboratoires de chimie, du gaz de l'éclairage comme combustible, peut être considérée à juste titre comme un grand progrès. Le gaz permet, en effet, d'obtenir immédiatement et au moment opportun une source de chaleur disposée d'une manière convenable, d'une grande régularité, et dont on peut à volonté faire varier l'intensité; il joint encore à ces avantages, inestimables par la célérité et la certitude qu'ils apportent dans les opérations, l'absence de cendres dont il était parfois si difficile de se garantir, et l'économie notable que procure ce mode de chauffage. Malheureusement, lorsqu'on veut employer le gaz dans les laboratoires de la plupart des villes de province, on se heurte contre une grave difficulté, l'insuffisance de la pression de jour pour les appareils en usage; avec de grands gazomètres on pourrait, il est vrai, obvier à ce défaut de pression, mais leur prix est très-élevé et leur installation souvent impossible. Ces motifs nous ont porté à nous préoccuper surtout des appareils et des changements qu'on pourrait leur faire subir pour les rendre capables de marcher convenablement sous une pression quelconque, et surtout sous la faible pression dont nous devions nous contenter le plus souvent. Le succès qui a couronné nos efforts, nous engage à faire connaître les dispositions que nous avons adoptées et les modifications qui, malgré des circonstances défavorables, nous permettent d'employer le chauffage au gaz d'une manière presque exclusive.

Le gaz obtenu par la distillation de la houille, par cela même qu'il est très-convenable pour l'éclairage, ne saurait être employé directement comme source de chaleur. Son grand pouvoir éclairant est dû, en effet, à l'incandescence des parcelles de charbon qui proviennent de la décomposition des hydrogènes carbonés et échappent en grande partie à la combustion; aussi les objets exposés à la flamme sont-ils bientôt recouverts d'un dépôt abondant de charbon et la température est-elle relativement peu élevée, non-seulement parce que tout le gaz n'est pas brûlé, mais encore par suite de la chaleur perdue par rayonnement. Il est donc indispensable, afin de pouvoir l'employer utilement dans les laboratoires, de faire disparaître ces graves inconvénients, en rendant la combustion plus complète.

L'air qui entoure la flamme étant insuffisant pour brûler complètement le gaz, il faut nécessairement, pour y parvenir, le mélanger d'avance avec une certaine quantité d'air; toutefois, faire un pareil mélange en grande quantité serait non-seulement difficile, mais encore dangereux; heureusement on est parvenu à résoudre le problème en s'appuyant sur ce principe que, lorsqu'un fluide s'écoule avec vitesse dans un milieu, il entraîne, en s'y mélangeant, une portion de ce dernier. Or, deux moyens se présentent pour construire des appareils fondés sur ce principe : on peut, en effet, faire écouler par un petit orifice le gaz, avec la vitesse due à son excès de pression, dans un appareil où l'air puisse librement pénétrer; ou bien, au contraire, faire arriver le gaz par une large ouverture et projeter dans la masse gazeuse de l'air fourni par un chalumeau communiquant avec une machine soufflante; il est évident que, dans les deux cas, un mélange des deux gaz s'écoulera continuellement par l'extrémité ouverte de l'appareil. Avec la première disposition on obtient une chaleur suffisante pour la plupart des travaux de laboratoire, mais c'est à la seconde qu'il faut avoir recours lorsqu'une température très-élevée devient nécessaire.

I. — Appareils fondés sur la vitesse d'écoulement du gaz.

Dans les laboratoires de quelques grandes villes, la pression est assez considérable, 30 ou 40^{mm} d'eau et même plus; mais il n'en est pas ainsi dans les villes où, par suite de l'absence complète de consommation industrielle, les compagnies n'entretiennent pendant le jour que la quantité de gaz absolument nécessaire pour compenser les fuites inévitables sur un développement considérable de tuyaux. La pression n'étant alors que de 10^{mm} environ, les appareils fondés sur la vitesse d'écoulement du gaz ne pourront donner les effets calorifiques qu'on en obtient dans des circonstances plus favorables; aussi faut-il remédier à leur insuffisance par un emploi plus fréquent des appareils à air forcé.

La lampe à gaz, connue sous le nom de bec ou de brûleur de Bunsen, se compose d'un tube cylindrique de 1^{cm} de diamètre intérieur et de 10 à 12^{cm} de longueur, présentant vers son quart inférieur des ouvertures placées sur une même section principale et vissé

sur un pied qui sert de support à l'appareil ; le tube qui amène le gaz traverse ce pied horizontalement, se redresse verticalement au centre, s'engage dans l'axe du premier tube, et se termine enfin par un petit orifice au niveau des ouvertures que présente celui-ci [1].

La pression dans les tuyaux étant supérieure à la pression atmosphérique, le gaz sort du tube intérieur avec une vitesse dépendant de cet excès de pression, et par suite entraîne une certaine quantité de l'air qui remplit le tube dans lequel il est placé. Les ouvertures latérales permettant à l'air extérieur de remplacer l'air entraîné, il s'ensuit qu'un mélange d'air et de gaz s'écoule continuellement par l'extrémité supérieure de l'appareil. C'est ce mélange que l'on enflamme, et dont la combustion est d'autant plus complète qu'il contient une plus grande quantité d'air.

Les lampes à gaz ne peuvent être utilement employées, surtout dans les essais docimasiques, que si la combustion est assez complète pour que les vases ne se recouvrent pas d'un enduit charbonneux. Or, cette condition est assez difficile à réaliser, car si le constructeur doit veiller à ce que l'air entraîné suffise pour brûler entièrement le gaz, il doit aussi éviter l'excès contraire; la quantité d'air qui pénètre dans le tube peut, en effet, être assez considérable pour rendre le mélange contenu dans la lampe facilement combustible, et dès-lors, celui-ci s'enflammant, le gaz brûle dans l'appareil avec sa flamme éclairante ordinaire. Il serait très-facile cependant d'éviter ces deux écueils, si les relations qui doivent exister entre les différentes parties de l'appareil étaient, ce qui n'est malheureusement pas vrai, indépendantes de la vitesse d'écoulement du gaz. Mais ces relations changent avec cette vitesse, qui dépend non-seulement de la pression dans les tuyaux, mais encore de l'obstacle qu'on apporte à l'écoulement en fermant plus ou moins le robinet correspondant à la lampe. Il en résulte que la flamme d'un bec, fonctionnant bien sous une pression donnée, ne pourra être réduite autant qu'on le désirerait souvent, car le gaz s'allume dans l'intérieur quand la vitesse d'écoulement est trop diminuée par la manœuvre du robinet. Il en résulte encore que, si la pression vient à changer dans les tuyaux, les appareils cesseront de marcher aussi bien.

Cet inconvénient acquiert assez de gravité lorsqu'on est exposé à passer d'une faible pression à une pression considérable. Le laboratoire de la Faculté des sciences de Montpellier se trouvant placé dans ces conditions [2], nous avons dû chercher à modifier les lampes

---

[1] M. Vogel (Pogg. ann., CXI, pag. 634) fait usage de brûleurs construits d'une manière très-simple : Un tube sans ouvertures latérales est maintenu dans une spirale verticale en fil de fer au-dessus du tube à gaz; on l'approche ou on l'éloigne de celui-ci jusqu'à ce que la combustion soit complète, en le faisant glisser dans la spirale. Le tube à gaz et la spirale sont supportés sur une planchette.

[2] La pression atteint 6 à 7^{cm} d'eau, au moment où l'on donne le gaz à la ville, tandis qu'elle n'était que de 1^{cm} environ pendant le reste de la journée.

de manière que la combustion pût être complète, quelle que fût la pression. La disposition suivante nous a paru la plus convenable. Un tube de 1mm de diamètre et de 7cm de longueur environ, est soudé à la partie conique qui surmonte un second tube de plus grand diamètre, percé sur son pourtour de trois larges ouvertures, et présentant à sa partie inférieure une saillie circulaire. Cette saillie (*fig.* 1) est destinée à supporter une virole qui peut glisser sur le tube à frottement doux, et présente des ouvertures entièrement semblables. Un tube de métal, ou mieux de verre, effilé à son extrémité supérieure, est fixé au bas de cette espèce de cheminée, de manière à en occuper l'axe et à se terminer un peu au-dessus des ouvertures qu'elle présente. Enfin, l'extrémité inférieure de la lampe est engagée à frottement dur, ou à vis, dans une ouverture circulaire pratiquée dans le pied; celui-ci est très-lourd et creusé d'une cavité centrale communiquant d'une part avec cette ouverture, et de l'autre avec un tube latéral par lequel le gaz peut pénétrer dans l'appareil.

De ces changements apportés au brûleur ordinaire, l'un est destiné à régulariser l'appel de l'air, l'expérience nous ayant démontré la nécessité du renflement inférieur pour obtenir une flamme tranquille sous une pression considérable; l'autre permet de régler la quantité d'air nécessaire à la combustion sous une pression quelconque, et par suite empêche le gaz de s'allumer à l'intérieur, quelque réduite que soit la vitesse d'écoulement. Il suffit, en effet, pour éviter cet accident, de fermer les ouvertures avant de toucher au robinet du tube à gaz, et de ne les rouvrir ensuite, par la rotation de la virole, que de la quantité nécessaire pour que la flamme cesse d'être éclairante.

Sous la faible pression de 10 à 12mm d'eau, les brûleurs donnent une quantité de chaleur comparable à celle d'une lampe à alcool à double courant d'air; sous une pression plus considérable, ils lui deviennent bientôt évidemment supérieurs.

Quand on a à porter une grande masse, un bain d'huile par exemple, à une température élevée, la lampe à gaz ne saurait évidemment suffire; aussi a-t-on construit pour cet usage un appareil consistant en un nombre plus ou moins grand de becs de Bunsen, de petite dimension, vissés sur un même pied; le gaz pénètre par un tube unique dans une cavité ménagée dans ce pied et en communication avec tous les tubes intérieurs des becs; enfin, ce pied est placé dans un fourneau en tôle qui a pour objet de protéger les flammes et de servir de support. Cet appareil présente le grave inconvénient de ne point permettre de ménager la température au commencement d'une opération; les becs dépendant en effet d'une seule prise de gaz, un certain nombre, par suite des différences inévitables qui existent entre eux, s'allument à l'intérieur quand on veut réduire la flamme; cet accident met dans la nécessité de fermer le robinet et d'éteindre, par conséquent, toutes les lampes, pour tâcher de les rallumer d'une manière plus convenable; cela étant souvent impossible sans augmenter les flammes, on est forcé, avec la plupart de ces appareils, d'exposer dès le début les vases à une forte chaleur.

Cette circonstance nous a conduit à lui préférer la disposition suivante, qui a de plus l'avantage de ne pas nécessiter un appareil spécial pour chaque cas particulier. L'appareil se réduit à un pied présentant une cavité intérieure, dans laquelle un tube placé latéralement vient s'ouvrir, et qui communique avec plusieurs ouvertures circulaires disposées symétriquement sur sa face supérieure; sur ces ouvertures on peut fixer autant de lampes munies de leur virole et de leur tube intérieur. Les viroles permettant de régler la flamme de chaque lampe séparément, la combustion sera complète dans toutes, et l'on n'aura plus à craindre de voir le gaz s'allumer à l'intérieur. Cette modification permet, de plus, de ne placer sur le pied que les lampes jugées nécessaires, les ouvertures inutiles pouvant être fermées avec un simple bouchon de liége. Deux ou trois pieds semblables présentant de six à douze ouvertures, suffisent pour satisfaire à toutes les exigences d'un laboratoire.

La virole obturatrice, en permettant de réduire extrêmement la flamme, rend les lampes à gaz très-commodes pour les petites évaporations, mais elles ne sauraient être employées quand il faut chauffer un liquide dans des vases dont les dimensions ne sont pas très-petites, car une large surface de chauffe devient alors indispensable. L'interposition de toiles métalliques doit être rejetée, car elles nécessitent une trop grande dépense de gaz et ne résistent que peu de temps. L'appareil construit par M. Wiesnegg, sous le nom de couronne, remplit bien mieux cette indication. Il consiste en un bec de Bunsen, de grande dimension, surmonté d'une lourde pièce en fonte creuse, et ayant quelque ressemblance avec une roue à trois ou quatre jantes; la cavité que présente cette pièce s'abouche largement d'un côté avec l'extrémité du bec, et de l'autre communique avec l'extérieur par une série de très-petits trous percés dans sa paroi supérieure. Quant au pied, il est disposé de manière à supporter le tube à gaz et à s'appuyer sur le rebord intérieur du fourneau qui contient tout l'appareil. Les couronnes conviennent assez bien pour le genre d'opérations auxquelles elles sont destinées: on peut cependant leur reprocher que, par suite de l'obstacle apporté par les petits orifices à l'écoulement du mélange d'air et de gaz, l'appel d'air est peu considérable, et par conséquent la combustion incomplète, dès que les flammes ne sont pas très-réduites; de plus, la détonation qui se fait entendre quand on éteint, aurait dû être évitée.

Nous leur préférons un appareil que nous avions, du reste, fait construire avant de connaître les couronnes; il ne nécessite pas, comme ces dernières, un appareil spécial, car il suffit de le placer sur une lampe ordinaire, pour rendre celle-ci très-convenable pour les évaporations. Sa construction (*fig.* 2) est très-simple : deux lames circulaires en cuivre, de même diamètre et légèrement repoussées, sont réunies au moyen de trois petites tiges métalliques symétriquement placées à quelques centimètres des bords; les extrémités amincies de ces tiges pénètrent dans des trous percés dans les lames, et, une fois rivées sur la surface extérieure de celles-ci, les empêchent de s'éloigner, tandis que la plus

grande épaisseur de leur partie moyenne les maintient écartées. Le disque inférieur présente une ouverture centrale dans laquelle est maintenu par une soudure peu fusible, un tube de 3cm de longueur et d'un diamètre tel qu'il puisse recevoir le tube des lampes; l'extrémité supérieure de ce tube étant légèrement bordée, la lampe ne peut pénétrer jusque dans l'intervalle compris entre les deux lames. Quant au disque supérieur, il présente une série de fentes disposées symétriquement, allant de la circonférence vers le centre, et d'une longueur un peu supérieure au tiers du rayon. Ces fentes, dont le nombre est proportionné à la dimension des disques, doivent avoir, ainsi que l'intervalle circulaire compris entre les bords des deux lames, une largeur de 1 à 2mm.

Si la lampe sur laquelle on place ces disques est dans de bonnes conditions, la combustion est complète, les fentes étant assez larges pour n'apporter aucun obstacle au tirage. La flamme est égale et continue sur la circonférence des disques et se prolonge suivant les fentes rayonnantes; elle peut, du reste, être réduite à une ténuité extrême, sans devenir discontinue, et s'éteint sans bruit. Il résulte de la forme de la flamme que la quantité de chaleur va en augmentant du centre, où elle n'est due qu'au rayonnement du métal échauffé, jusqu'à la circonférence, où elle est maximum. La partie centrale d'un vase placé au-dessus de la lampe recevra, par suite, moins de chaleur que les parties excentriques, circonstance très-favorable à la marche régulière de l'évaporation et surtout de l'ébullition d'un liquide.

Lorsqu'on a à craindre des soubresauts, par suite de la grande densité du liquide ou de la présence d'un précipité, la partie centrale des vases recevrait encore trop de chaleur; aussi, dans ce cas, faut-il couvrir les fentes avec une lame circulaire métallique, ou mieux employer des disques ne présentant que l'ouverture circulaire comprise entre les deux lames qui le forment. L'ébullition est alors bien plus tranquille, et des liquides tels que l'acide sulfurique peuvent même être distillés sans danger.

Pour supporter les vases et mettre les flammes à l'abri des courants d'air, nous employons des fourneaux en tôle galvanisée un peu coniques (*fig.* 3). Trois tiges métalliques rivées à la partie inférieure des pieds et dirigées vers l'axe de l'appareil, servent de support à une lame mobile en tôle sur laquelle on place la lampe appropriée au genre d'opération qu'on se propose. Les pieds doivent être assez élevés pour qu'on puisse facilement atteindre les viroles. Les appareils de chauffage, étant indépendants, peuvent être placés, dans ces fourneaux, dans la position la plus convenable, tout en étant assujétis à en suivre les mouvements. Pour les petites opérations, il est utile d'avoir des fourneaux semblables, mais d'un moindre diamètre et munis de manches en bois.

On a souvent à chauffer un tube sur une longueur plus ou moins considérable. Plusieurs lampes ordinaires placées à la suite l'une de l'autre, ou une série de becs dépendant d'une même prise de gaz, peuvent être employés dans ce but; mais on ne saurait ainsi chauffer

le tube que d'une manière très-inégale, et la dépense de gaz est très-considérable. L'appareil représenté (*fig.* 4) n'a pas ces inconvénients : comme les disques, il est destiné à être placé sur les lampes ordinaires. Il se compose d'un tube horizontal de 9 à 10^{cm} de longueur et 18^{mm} environ de diamètre, fermé à ses deux extrémités et présentant à sa partie supérieure deux fentes longitudinales parallèles et distantes d'un centimètre. Au-dessous et en son milieu, il est percé d'une large ouverture au pourtour de laquelle est soudé un tube vertical de 3^{cm} de longueur et d'un diamètre tel que les lampes puissent y entrer facilement.

La flamme pouvant être réduite à deux lignes lumineuses, on peut chauffer le tube avec tous les ménagements possibles et le porter graduellement à la température voulue. Les deux flammes, continues d'une extrémité à l'autre du tube et d'abord séparées, se réunissent quand la quantité de gaz augmente ; enfin, les fentes étant assez larges pour ne pas s'opposer au tirage, la combustion est toujours complète. La hauteur de la flamme au-dessus de l'appareil dépendant de la pression, elle ne pourra complètement entourer les tubes d'un certain diamètre et, par suite, les porter au rouge que si la pression est suffisante. Une pression de 3 à 4^{cm} d'eau est, en effet, nécessaire pour qu'un tube à analyse élémentaire puisse être convenablement chauffé. Plusieurs lampes armées chacune de son tube horizontal et placées les unes à la suite des autres, permettent de chauffer un long tube d'une manière uniforme, et, par suite de l'indépendance de chaque brûleur, de le porter peu à peu et successivement par longueur d'environ 10^{cm}, à la température voulue. Une série de lampes ainsi disposées, communiquant à un appareil très-simple chargé de leur distribuer le gaz, permettra donc de faire une combustion organique dans un tube maintenu au-dessus d'elles et convenablement protégé contre le rayonnement.

En modifiant, ainsi que nous l'avons indiqué, les appareils à gaz, nous avons eu surtout pour but d'obtenir toujours une combustion complète et de rendre possible la réduction presque indéfinie des flammes et, par suite, facile l'application graduelle de la chaleur. Nous avons, de plus, adopté des dispositions telles, que toutes les opérations qui n'exigent pas une température très-élevée puissent être exécutées avec les lampes à gaz ordinaire. Il suffit, en effet, d'en placer plusieurs sur un pied unique ou de les surmonter d'un appareil peu compliqué, pour les rendre aptes à remplir des indications différentes.

II. — Appareils a courant d'air forcé.

Dans les différents appareils dont nous allons nous occuper, l'air est projeté avec une vitesse considérable par un petit orifice au milieu du gaz arrivant par une large ouverture. La pression de celui-ci a une bien moindre importance dans ces appareils que dans les précédents, l'appel de gaz déterminé par le courant d'air pouvant, jusqu'à un certain point, suppléer au défaut de pression.

Les soufflets des lampes d'émailleur ou des forges portatives de laboratoire, peuvent très-

bien être employés pour fournir l'air nécessaire à la marche de ces appareils; mais, à part la variation inévitable de leur vent, ils nécessitent de la part de l'opérateur une manœuvre pour le moins gênante; aussi doit-on leur préférer, dans les laboratoires où l'on dispose d'un courant d'eau, l'appareil dont la *figure* 5 représente une coupe verticale, et qui est fondé sur le principe des soufflèries employées dans les Pyrénées sous le nom de *trompes*. La partie essentielle de l'appareil consiste en un tube de $1^m,50$ de longueur environ et de 1 à 2^{cm} de diamètre, surmonté d'un tube court plus large qui présente sur son pourtour une série d'ouvertures. Un ajutage conique, communiquant avec le réservoir d'eau par un tube muni d'un robinet, est fixé au moyen d'un bouchon dans l'axe du tube large, et arrive jusqu'à 2 ou 3^{cm} de sa partie inférieure. Il suffit, pour compléter l'appareil, de faire pénétrer un ou plusieurs de ces longs tubes ainsi disposés, jusqu'au tiers inférieur d'un vase cylindrique entièrement clos et de grande dimension. Ce vase, que nous avons fait construire simplement en zinc, ainsi que le reste de la trompe, doit présenter un tube latéral en verre pour indiquer le niveau intérieur de l'eau et des tubulures pour l'écoulement de ce liquide et de l'air entraîné.

Lorsque l'eau s'écoule avec force par l'ajutage, la veine liquide, en pénétrant dans le tube qu'elle ne doit pas entièrement remplir dans sa partie supérieure, entraîne avec elle une portion de l'air ambiant; celui-ci étant immédiatement remplacé par l'air extérieur, auquel les ouvertures percées dans le tube large permettent d'entrer librement, un mélange d'air et d'eau pénètre continuellement dans le vase cylindrique. Le jet liquide jaillit de l'extrémité du tube par une large ouverture latérale, se brise contre la paroi très-rapprochée du réservoir, ce qui facilite la séparation de l'air, et gagne, en suivant cette paroi, le fond du vase; celui-ci y présente deux tubulures : l'une d'elles est munie d'un robinet que l'on règle de manière à ce qu'une partie de l'eau soit forcée de s'écouler par le large tube en caoutchouc qui est adapté sur l'autre. La pression dans l'appareil devant être égale à la hauteur de l'orifice supérieur de ce tube au-dessus du niveau de l'eau dans le vase, on l'incline plus ou moins, suivant la pression qu'on veut obtenir. Quant à l'air, il sort de l'appareil par une tubulure placée à la partie la plus élevée du cône très-ouvert qui forme la paroi supérieure, et arrive au moyen de tubes en plomb dans le laboratoire. Il est très-utile de faire suivre au tube à air tout le parcours de la rampe à gaz, en le munissant comme elle d'un certain nombre de robinets, afin d'avoir en un point quelconque ces deux fluides à sa disposition.

Un mélange d'air et d'eau arrivant continuellement dans le réservoir de zinc, la pression augmente de moment en moment et l'excès d'eau s'échappe bientôt par le tube en caoutchouc. Si alors on permet à l'air de s'écouler et que la somme des orifices ouverts soit telle que la dépense égale la quantité d'air entraîné par l'eau, le niveau de ce liquide ne varie pas et la vitesse d'écoulement présente une constance remarquable; or, il est toujours facile de se mettre dans ces conditions, en laissant perdre une quantité convenable de ce fluide par un des robinets en ce moment inutile de la rampe à air.

Cet appareil [1], que nous avions d'abord construit dans le but d'avoir un courant d'air constant pour les essais au chalumeau, et alimenter les lampes-forges à alcool ou à essence de térébenthine, nous a été depuis fort utile, non-seulement dans ce genre d'essais, mais encore parce qu'il nous a permis d'employer les brûleurs à courant d'air avec autant de commodité que les lampes à gaz ordinaires. Le seul reproche qu'on puisse faire à la trompe, est de nécessiter une grande dépense d'eau relativement à la quantité d'air qu'elle fournit; il est évident qu'on n'obtient qu'une fraction du travail utile que ces machines soufflantes pourraient donner; mais leur théorie est si mal connue, qu'il est difficile de préciser les conditions dans lesquelles on doit se placer de préférence.

Sous la faible pression dont nous pouvons disposer, les brûleurs ne fournissant pas la quantité de chaleur nécessaire dans des opérations telles que la calcination de quelques précipités ou certaines attaques qui exigent une chaleur rouge assez intense, nous avons eu recours à l'appareil suivant, avec lequel on obtient, du reste, des effets calorifiques que ne pourraient donner les brûleurs sous une plus forte pression. Il se compose d'un pied très-lourd traversé par un tube en verre d'abord horizontal, mais qui se redresse en son centre pour devenir vertical et se terminer à environ 10^{cm} au-dessus par un orifice de près de 2^{mm} de diamètre; un tube métallique de 12 à 15^{mm} de diamètre, dont la partie inférieure un peu renflée porte une tubulure latérale, est fixé au moyen d'un bouchon sur le tube en verre. Ce bouchon, en même temps qu'il sert à fermer l'extrémité inférieure du tube métallique, permet, en glissant sur le tube intérieur, de faire varier la distance des orifices supérieurs des deux tubes dont la position relative est loin d'être indifférente. Enfin, l'anneau métallique qui entoure la partie inférieure du tube en cuivre et repose sur le pied, sert seulement à protéger le bas de l'appareil.

L'air, jaillissant avec force par le tube intérieur, entraîne avec lui le gaz qui pénètre dans l'appareil par la tubulure latérale et se mélange intimement avec lui. Par la manœuvre des robinets à air et à gaz on peut, non-seulement faire arriver ces deux fluides dans des proportions convenables pour obtenir la chaleur maximum, mais encore, en ne les ouvrant que peu à peu, modérer la flamme de manière à pouvoir chauffer graduellement et avec autant de ménagement qu'on le désire. Un excès d'air étant une cause de refroidissement, on doit régler l'écoulement des deux gaz de manière qu'aucun des deux ne soit en excès, ce dont il est facile de juger par l'aspect de la flamme. La *figure* 6 est une coupe verticale de la lampe; quant à la *figure* 7, elle la représente avec l'appareil dont nous faisons

---

[1] Dans leur remarquable travail sur la métallurgie du platine, MM. Deville et Debray (*Ann. de chim. et phys.*, LXI, pag. 5) ont employé un appareil semblable dont le vent régulier leur a été fort utile. Si l'on excepte quelques détails de construction, auxquels nous attachons cependant quelque importance, les dispositions générales de l'appareil qu'ils décrivent sont assez semblables à celles que nous avions adoptées.

usage pour supporter le creuset et le protéger contre le rayonnement. Cette lampe peut servir de lampe d'émailleur ; mais l'appareil, fondé du reste sur le même principe, que M. Wiesnegg a construit pour cet usage, est bien plus convenable pour le travail du verre, la flamme, par suite de dispositions ingénieuses, pouvant recevoir une direction quelconque.

Certains essais au chalumeau, la réduction de quelques oxydes par exemple, exigeant un temps assez long, deviennent non-seulement difficiles, mais encore fatigants pour l'opérateur ; aussi, bien souvent aime-t-on mieux recourir à la voie humide pour constater, par des procédés fort longs, la présence d'un corps que la voie sèche eût décelé dans un temps bien plus court. C'est pour nous rendre plus facile ce mode d'analyse, dont les indications sont souvent précieuses, que nous avons pensé à la trompe, dont le vent par sa régularité nous a en outre permis de faire les essais avec bien plus de certitude. Nous avions cru d'abord qu'il y avait avantage à brûler à l'extrémité d'un chalumeau un mélange d'air et de gaz, mais l'expérience nous a fait préférer la disposition sur laquelle est fondée la lampe précédente. L'appareil que nous employons est représenté *figure* 8. Un tube horizontal est soudé sur un tube vertical fermé à sa partie inférieure, qui pénètre à frottement dur dans le pied de l'appareil ; l'autre extrémité du tube vertical est recourbée et se termine par une partie plus large ; celle-ci reçoit un bouchon que traverse un tube présentant une courbure semblable suivie d'une portion droite très-effilée : sur ce dernier tube, par lequel l'air comprimé dans la trompe s'écoule après avoir traversé tout l'appareil, est fixé un tube métallique portant une tubulure latérale destinée à l'entrée du gaz. Le chalumeau pouvant tourner autour d'un axe horizontal, et tout le tube à air pouvant tourner dans le pied autour d'un axe vertical, il est facile de lui donner la position la plus favorable à l'opération que l'on veut faire ; quand celle-ci doit durer quelque temps, on peut placer l'essai sur un support et se contenter de surveiller par moment la réaction.

Les robinets qui servent à régler l'écoulement de l'air et du gaz, permettent d'obtenir à volonté la flamme de réduction ou celle d'oxydation ; il suffit, en effet, de mettre en excès le gaz ou l'air, pour obtenir celle de ces deux flammes dont l'action doit être étudiée.

Dans quelques cas, il peut être utile de pouvoir obtenir une température excessivement élevée ; nous employons alors l'appareil représenté dans les *figures* 9 et 10, qui nous a permis de porter des creusets de plusieurs centimètres de diamètre à un rouge assez intense pour y fondre de la fonte et même du nickel. Il se compose de deux parties destinées, l'une à protéger le creuset contre le rayonnement, l'autre à donner le mélange d'air et de gaz. Cette dernière (*fig.* 9) est formée elle-même de deux pièces distinctes. La supérieure est un espèce de tambour en cuivre portant une tubulure latérale, et dont les parois planes sont traversées par plusieurs tubes métalliques qui en dessus se prolongent de plusieurs centimètres ; dans la partie comprise entre les deux parois, ces tubes, sauf

le tube central, presentent chacun deux larges ouvertures latérales. Enfin, un tube de verre, effilé de manière que son orifice supérieur ait de 1 à 2mm de diamètre, est fixé à la partie inférieure de chacun des tubes excentriques; c'est afin de protéger ces tubes de verre, que la paroi cylindrique se prolonge un peu au-dessous de la paroi plane inférieure. Ce petit tambour peut entrer à frottement dur dans la pièce inférieure de la lampe, qui consiste en un autre vase cylindrique en cuivre, ouvert à sa partie supérieure et portant aussi une tubulure latérale. Lorsque ces deux pièces sont réunies, l'appareil est formé de deux cavités closes communiquant avec l'extérieur chacune par une large tubulure.

Quand on fait arriver le vent d'une machine soufflante dans la cavité inférieure, l'air passe directement dans le tube central et, par l'intermédiaire des tubes en verre, dans les tubes excentriques; si l'on met alors la tubulure du tambour en communication avec la rampe à gaz, celui-ci se répandra dans sa cavité et pénétrera dans ces derniers tubes par les ouvertures latérales qu'ils présentent, non-seulement en vertu de la pression dans les tuyaux, mais encore par suite de l'appel déterminé par la grande vitesse avec laquelle l'air s'échappe par les tubes effilés. L'appel de gaz variant avec la distance comprise entre l'orifice supérieur des tubes de verre et les ouvertures latérales des tubes métalliques, leur position n'est pas indifférente, cet artifice permettant d'appeler dans l'appareil une quantité suffisante de gaz, même sous une faible pression. Quant au tube central, qui n'a aucune communication avec le tambour, il n'est destiné qu'à projeter dans la flamme une nouvelle quantité d'air nécessaire à son entière combustion; il est bon de le terminer par un ajutage chargé de diviser la colonne d'air qui le parcourt. Les appareils dont nous avons fait usage ne portent que quatre ou six tubes, y compris le tube central.

Le reste de l'appareil (*fig.* 10) se compose de deux fourneaux concentriques en terre réfractaire, formés de laboratoires superposés et surmontés d'un dôme. L'extérieur ne présente que deux ouvertures: l'une, un peu moindre que la section du fourneau intérieur, au centre de sa paroi inférieure; l'autre, au sommet du dôme. L'intérieur, entièrement ouvert par le bas, repose sur la paroi inférieure du précédent; son dôme ne présente pas d'ouverture à son sommet, mais seulement quatre échancrures sur la circonférence. Ce double fourneau se place sur une briquette circulaire en terre réfractaire destinée à servir de paroi inférieure au fourneau intérieur et supportée sur un trépied en fer. Enfin, cette briquette est percée en son centre de trous disposés de manière à laisser pénétrer les tubes de la lampe-forge.

Quand on veut se servir de l'appareil, on place la lampe de telle façon que les extrémités des tubes, passant par les trous de la briquette, apparaissent sur sa face supérieure; on pose le double fourneau pièce à pièce, de manière que les tubes en occupent le centre et que le creuset soit supporté dans le fourneau intérieur par un triangle de platine; enfin, on met en place, après avoir allumé, les dômes des deux fourneaux. On peut, si on le juge nécessaire, interposer une substance mauvaise conductrice grossièrement concassée entre les deux fourneaux, sauf dans l'espace compris entre les deux dômes, qui doivent

Fig. 5.

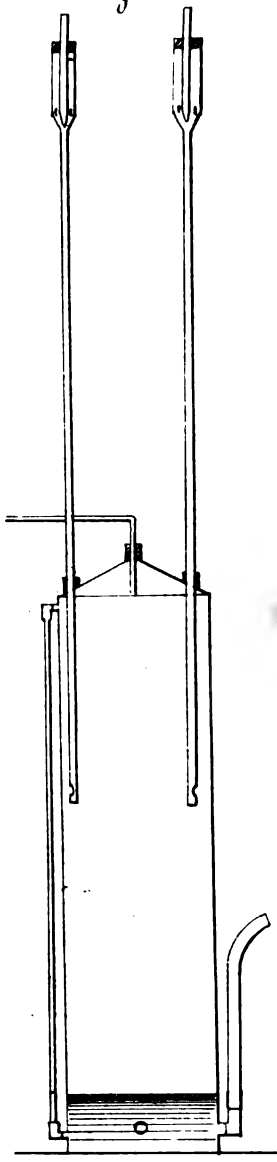


Fig. 4.

Fig. 8.

Fig. 10.

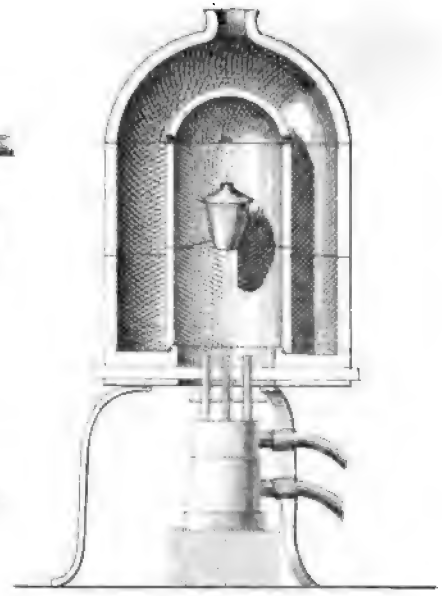


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

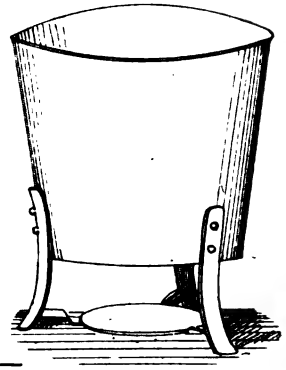


Fig. 7.

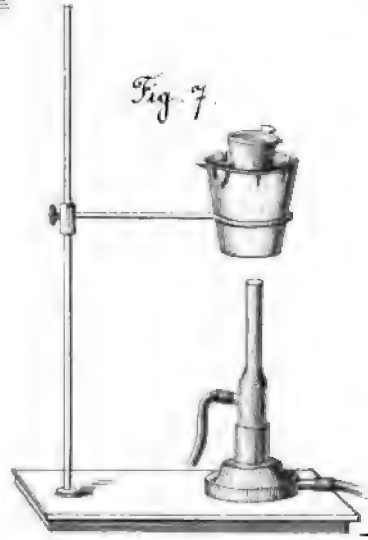


Fig. 6.

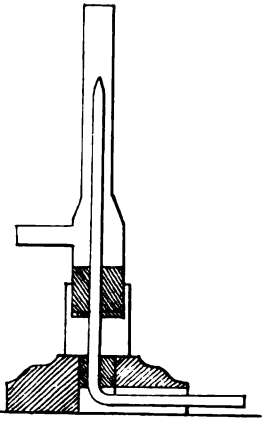
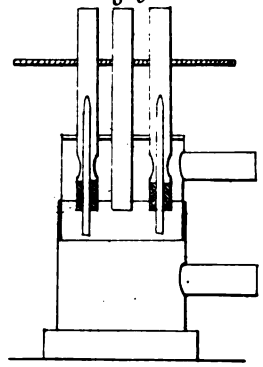


Fig. 9.



Lith. de Boehm et fils.

SUR

L'ACCROISSEMENT NOCTURNE

De la Température avec la Hauteur

DANS LES COUCHES INFÉRIEURES DE L'ATMOSPHÈRE;

Par M. CH. MARTINS.

SECONDE PARTIE[1].

TEMPÉRATURE DE LA SURFACE DU SOL COMPARÉE A CELLE DE L'AIR.

Mes expériences eussent été incomplètes si je n'avais comparé la température de l'air à celle de la surface du sol. Pour la connaître, j'avais couché un thermomètre sur la terre au pied du mât, à côté de celui qui se trouvait à $0^m,05$. La boule était recouverte d'une légère couche de terre meuble; elle se refroidissait donc par conductibilité. J'ai observé régulièrement les deux instruments de janvier à juillet 1858. Constamment, sauf en janvier, le thermomètre, à la surface du sol, a indiqué une température *plus élevée* que celle de l'air à $0^m,05$, et je me suis assuré, par des observations isolées, que ce rapport se maintient également pendant les cinq derniers mois de l'année. Le tableau suivant présente l'indication des minima moyens observés et de leurs différences :

[1] Voyez ci-dessus, pag. 47.

Températures minima de la surface du sol et de l'air à $0^m,05$ *au-dessus.*

1859. Mois.	TEMPÉRATURE. Surface du sol.	TEMPÉRATURE. Air à $0^m,05$.	DIFFÉRENCES.
	°	°	°
Janvier.....	— 0,89	— 0,51	— 0,38
Février.....	— 1,45	— 2,18	0,73
Mars.....	0,41	— 0,60	1,01
Avril.....	6,73	4,57	2,16
Mai.....	12,63	10,45	2,18
Juin.....	16,00	13,50	2,50
Juillet.....	19,90	17,80	2,10
Moyennes.....	7,62	6,15	1,47

Mes résultats sont d'accord avec ceux de M. Pictet [1] ; il considère l'excès de la température du sol sur celle de l'air comme constant ; M. Marcet [2], comme une anomalie qu'il a observée rarement. Bravais [3] constate qu'en hiver, pendant la nuit perpétuelle de la Laponie, la neige qui recouvre le sol est plus froide que l'air. Mes observations, et surtout les courbes qui les représentent, montrent qu'en hiver, le sol n'étant pas couvert de neige, les températures de la surface du sol et de la couche d'air qui le recouvre immédiatement diffèrent peu. Après les longues nuits de janvier, le sol peut même devenir plus froid que l'air ; mais le reste de l'année c'est la couche d'air qui, en moyenne, est plus froide que le sol qu'elle recouvre. Il faut donc admettre qu'il existe, en général, pour la couche inférieure de l'air, une cause de refroidissement qui n'agit pas sur le sol, ou une cause de réchauffement pour

[1] *Loc. cit.*, pag. 180.
[2] Pag. 16.
[3] *Loc. cit.*, pag. 124.

le sol à laquelle ne participerait pas la couche d'air inférieure. J'avais pensé à la chaleur latente de la vapeur d'eau qui, en se précipitant au lever du soleil, c'est-à-dire à l'instant du minimum, sous forme de rosée, pouvait élever la température de la surface du sol. J'ai donc choisi neuf nuits qui ont été suivies d'une rosée très-abondante; dans ces neuf nuits, le minimum moyen de la surface du sol est supérieur à celui de l'air qui la touche, de 2°,27. Mais on trouve des écarts de cette valeur en prenant *toutes* les nuits d'avril, de juin et de juillet. Donc, la précipitation de la rosée paraît être sans influence sur le moindre refroidissement du sol. D'autres causes semblent plus efficaces. Dans une nuit calme et sereine, la couche d'air qui repose sur le sol est soumise à quatre causes de refroidissement: 1° son rayonnement vers l'espace; 2° le contact de la surface du sol, qui elle-même se refroidit aussi par rayonnement et beaucoup plus que l'air, car le pouvoir émissif d'un corps solide tel que la terre est plus considérable que celui d'un mélange de gaz et de vapeur tel que l'air; 3° la tendance naturelle de l'air, refroidi par une cause quelconque, à descendre et à se mêler à la couche inférieure; 4° le rayonnement plus intense de la boule de verre du thermomètre nu placé à 0m,05 de hauteur, tandis que celui couché à la surface du sol est protégé par une légère couche de terre. Examinons maintenant comparativement les causes de refroidissement de la surface du sol; nous n'en trouvons que deux: le rayonnement de cette surface et le contact de l'air refroidi par son propre rayonnement; mais ces deux causes de froid sont en partie contre-balancées par une cause de réchauffement qu'il est impossible de négliger. La chaleur solaire, qui frappe le sol pendant la journée, pénètre dans son intérieur avec une vitesse d'environ un décimètre en trois heures [1], la chaleur de la journée s'emmagasine donc dans le sol et compense en partie les pertes dues au rayonnement nocturne. Je puis le prouver par des observations directes. J'avais enfoncé dans le sol, à la profondeur de 0m,1 et de 0m,3, deux thermomètres au nord d'un mur où le soleil ne donnait jamais. Malgré cette circonstance défavorable, même en hiver, la température du sol, à 0m,1 et à 0m,3, a toujours été supérieure, le matin, à celle de la surface. Les chiffres suivants

[1] Quetelet; Climat de la Belgique, température de la terre, pag. 153.

en sont la preuve. Onze observations, faites en janvier et février 1
donnent en moyenne :

Température de la surface du sol.....	—	0°,87
— à 0m,1 de profondeur.....		3°,45
— à 0m,3 —		4°,14

Ainsi, même à la suite des longues nuits de l'hiver, la températ
à une faible profondeur, est très-supérieure à celle de la surface e
par conductibilité, aux pertes que celle-ci éprouve par le rayo
Semblable à un gros poêle fortement échauffé pendant le jour, dont
se refroidit pendant la nuit, mais qui conserve dans son intérieu
de chaleur, le sol conserve aussi, à une certaine profondeur, l
acquise pendant le jour. Ce n'est que pendant les longues nuits d
comme on le voit sur le tableau, pag. 134, que le rayonnement pr
la surface du sol parvient, malgré la réserve de chaleur emmagas
le sol, à abaisser la température de cette surface au-dessous de cel
qui la baigne.. Mais la courbe montre que la surface du sol se
d'autant moins comparativement à l'air, que les rayons du soleil d
moins obliques et les nuits plus courtes.

Je crois avoir expliqué d'une manière satisfaisante le paradoxe
logique signalé déjà par Pictet et Marcet. Les conséquences de ce
refroidissement du sol, comparé à celui de l'air, sont immenses. Gr
les graines, les racines des plantes ne périssent pas par des froids aé
devraient entraîner leur mort. Un grand arbre plonge ses racines
sein de la terre échauffée, tandis que sa cime s'élève au-dessus de l
d'air épaisse de quelques mètres, où le plus grand froid aérien se fa
Les plantes basses sont seules atteintes; de là les craintes si fon
agriculteurs du Nord pour leurs blés d'automne, lorsque le temps
froid sans que la terre soit recouverte de son manteau de neige.

RAYONNEMENT DE LA BOULE THERMOMÉTRIQUE.

Nous avons souvent, dans le courant de ce mémoire, parlé du r
ment propre de la boule thermométrique. Quelle est sa part dans les

tions fournies pas l'instrument? Pour la connaître, je devais soustraire un thermomètre au rayonnement zénithal et au rayonnement terrestre; je l'ai donc suspendu dans une cage cubique en bois ayant $0^m,65$ de côté. Les parois supérieure et inférieure étaient pleines et fermées par deux planches parallèles; les quatre parois latérales, au contraire, garnies de persiennes dont les palettes étaient horizontales. Cette cage fut placée sur un piédestal élevé de $1^m,20$ près du mât le long duquel les autres thermomètres étaient échelonnés. L'air traversait librement cette cage dans tous les sens, et le thermomètre à *minimâ*, suspendu horizontalement au milieu, indiquait la température de l'air. Les effets du rayonnement terrestre et zénithal se trouvaient annulés par les deux écrans. Je ne donne pas cette expérience comme une expérience de physique rigoureuse, car la planche inférieure est influencée par le rayonnement du sol, la supérieure par le rayonnement zénithal. Toutes deux réagissent sur l'instrument; seulement celui-ci ne rayonne directement ni en haut, ni en bas, et incomplètement latéralement, à cause des palettes horizontales qui composent la persienne.

En hiver, le minimum moyen du thermomètre dans la cage a été $-0°,33$. Un thermomètre entièrement semblable, mais découvert et à la même hauteur ($1^m,50$), a marqué $-1°,53$; différence: $1°,20$. En été, le minimum moyen dans la cage a été $16°,62$; à l'air libre $15°,73$; différence: $0°,89$, moins forte par conséquent qu'en hiver. Pour l'année entière, je trouve un minimum moyen de $6°,42$ à l'air libre, et de $7°,32$ dans la cage. Ainsi donc, un thermomètre à alcool, ne rayonnant ni vers le zénith ni vers le sol, se tient en moyenne à $0°,90$ plus haut que celui qui est complètement à découvert. Un thermomètre garanti entièrement contre le rayonnement zénithal et terrestre, accuse donc une température trop chaude d'environ un degré, parce qu'il n'est affecté que par la température propre de l'air et soustrait aux influences calorifiques de la chaleur rayonnante. Si donc l'observateur se propose de mesurer cette température propre, il doit garantir la boule de son thermomètre par des écrans, des persiennes ou des jalousies; mais s'il veut connaître la somme des effets dus aux causes de refroidissement ou de réchauffement, la boule doit être nue et rayonner librement dans tous les sens. Or, en plein air, les hommes, les animaux, les végétaux, rayonnent tous plus ou moins suivant le pouvoir émissif de

leurs vêtements et de leurs enveloppes; ils sont donc soumis à cette cause de refroidissement, comme le thermomètre à boule nue: celui à boule protégée n'accuse que la température propre de l'air, et ses indications seront différentes suivant que l'air est calme ou en mouvement. Dans le premier cas, le rayonnement étant très-fort, ses indications seront trop hautes; dans le second, elles se rapprocheront de celles du thermomètre à boule nue. On comprend aussi que des comparaisons entre les thermomètres de deux observatoires, dont l'un serait à boule nue, l'autre à boule protégée, seraient, par cela même, entachées d'une erreur qui s'élèverait en moyenne à un degré centigrade environ.

THÉORIE DE L'ACCROISSEMENT NOCTURNE DE LA TEMPÉRATURE AVEC LA HAUTEUR.

Les physiciens qui se sont occupés de l'accroissement de la température avec la hauteur, Pictet, Marcet, Bravais, ont tous indiqué la cause de cet accroissement et l'ont expliquée en invoquant les lois de la chaleur rayonnante. Pictet [1], partant de l'équilibre de la chaleur, admet que pendant la nuit l'eau de la surface du sol se vaporise sous l'influence de la température plus élevée des couches intérieures du sol; de là, production de froid : ce froid se communique de bas en haut à la couche d'air en contact avec le sol; tandis que la chaleur propre de la vapeur d'eau reste à l'état latent et ne compense pas le refroidissement dû à l'évaporation de la surface du sol. Telle est, traduite en langage moderne, la théorie de Pictet. M. Marcet [2] explique ce phénomène par le rayonnement terrestre; toutefois, il n'a pas trouvé un rapport direct entre les indications de l'éthrioscope de Leslie et la rapidité de l'accroissement de la température avec la hauteur. Le fait que la surface du sol est plus chaude que la couche d'air immédiatement en contact avec elle, lui paraît également une objection contre la théorie qui attribuerait uniquement ce phénomène au rayonnement nocturne. Bravais [3] considère cet état de température comme dû à deux causes : 1° le refroidissement par rayonnement

---

[1] Essai sur le feu, pag. 181.

[2] Mémoire cité, pag. 18.

[3] Voyages en Scandinavie. (*Météorologie*, tom. III, pag. 129.)

plus considérable sous un ciel clair pour le sol que pour l'air ; ce refroidissement donne aux colonnes atmosphériques des bases naturellement froides et dont la température tend à réagir principalement sur les tranches inférieures ; ensuite le contre-courant supérieur, venu de la mer, agit de haut en bas par son excès de température sur le courant inférieur de la brise de terre, qui descend des plateaux élevés de la Laponie centrale.

Voici comment je me rends compte du décroissement diurne et de l'accroissement nocturne de la température, dans la couche inférieure de l'atmosphère. Pendant le jour, les rayons solaires en traversant l'atmosphère élèvent très-peu sa température. Tous les auteurs sont d'accord pour affirmer qu'un tiers au plus de cette chaleur est absorbée par l'épaisseur totale de l'atmosphère [1] ; les deux tiers arrivent au sol, qu'ils échauffent fortement, et c'est le sol qui à son tour échauffe de bas en haut les diverses tranches de la couche inférieure de l'air. Cette cause, jointe à d'autres que nous avons exposées ailleurs [2] avec détail, produit le décroissement diurne de la température avec la hauteur ; mais, dès que le soleil commence à s'approcher de l'horizon, ses rayons obliques traversant une couche d'atmosphère de plus en plus épaisse n'échauffent plus ni l'air ni le sol ; tous deux, surtout si le ciel est serein, commencent à rayonner vers l'espace et par conséquent à se refroidir ; le sol rayonnant davantage refroidit la couche d'air en contact avec lui ; ces deux effets continuent toute la nuit et pendant l'aurore jusqu'à ce que les rayons du soleil viennent réchauffer de nouveau la surface terrestre. Plus la nuit est longue et le ciel serein, plus la température de la surface du sol, et par conséquent celle de l'air qui le baigne, s'abaisseront. Celui-ci sera en général plus froid que la surface de la terre, parce qu'il se refroidit par lui-même, et les effets de ce rayonnement s'ajouteront au froid communiqué par la surface du sol ; celle-ci est généralement plus chaude que l'air au contact, car les pertes qu'elle éprouve par le rayonnement sont en

---

[1] Quetelet ; Sur la physique du globe. (*Bulletins de l'Académie royale de Belgique*, 2e série, tom. XI, n° 2 ; — 1861.)

[2] Des causes physiques du froid sur les hautes montagnes. (*Mémoires de l'Académie de Montpellier*, tom. IV, pag. 278, et *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tom. VIII ; 1860.)

partie réparées par un flux de chaleur de l'intérieur à l'extérieur. Cette chaleur provient de l'échauffement diurne, comme nous l'avons prouvé page 136. Le refroidissement de la base des colonnes atmosphériques se propage plus ou moins haut jusqu'au point variable, où la température propre de l'air est égale à celle de la couche en contact avec le sol. A cette cause il faut en ajouter une autre, qui agit d'une manière sensible sur la boule thermométrique: plus on s'élève au-dessus des dépressions du sol, plus l'air est agité, même par les nuits calmes ; cette agitation de l'air atténue le rayonnement de la boule thermométrique, qui indique alors sensiblement la température propre de l'air. Nous avons vu, page 137, que ce rayonnement abaissait la colonne d'un degré environ. Voilà donc une nouvelle raison pour laquelle le thermomètre marquera un degré plus élevé pendant la nuit, sur une tour ou sur une colline, que dans la plaine ou dans un bas-fond.

Néanmoins l'accroissement de la température avec la hauteur va toujours en diminuant; la courbe, d'abord ascendante, redescend et finit par couper de nouveau l'axe des abscisses. A partir de ce point, il y a décroissement de la température; ce décroissement est dû principalement à trois causes : 1° la dilatation de l'air ascendant, qui fait passer une portion de sa chaleur à l'état latent ; 2° l'éloignement de la surface terrestre échauffée par le soleil; 3° le rayonnement plus intense de l'air dû à la moindre épaisseur d'atmosphère interposée entre la tranche rayonnante et les espaces célestes.

Sous le point de vue thermique, l'état de l'atmosphère est essentiellement variable et changeant. Pendant le jour, le décroissement à partir du sol est la règle; mais la rapidité de ce décroissement varie suivant les mois, les heures, l'état du ciel et la direction des vents. Il y a quelquefois des interversions à des hauteurs considérables; ainsi, quand on consulte les séries météorologiques de Genève et de l'hospice du Saint-Bernard, élevé de 2 070 mètres au-dessus de l'observatoire de cette ville, on reconnaît qu'il y a, surtout en hiver, des jours et même des séries de jours pendant lesquels il fait plus chaud à l'hospice qu'à Genève, c'est-à-dire à 2 477 mètres qu'à 407 mètres au-dessus de la mer. Cela tient à l'interposition d'une couche de nuages inférieurs à 2 400 mètres, qui empêchent les rayons solaires d'échauffer les bords du lac Léman.

Au coucher du soleil, lorsque le sol commence à se refroidir par rayon-

nement, les relations changent; le décroissement devient moins rapide, quand le ciel est couvert de nuages ou l'air agité. Si le ciel est serein et l'air calme, le décroissement se change en un accroissement à limite variable, auquel succède un décroissement dont les lois sont encore à étudier. La direction et la température des vents, le relief du pays, la présence ou l'absence des lacs ou des grandes rivières, le voisinage de la mer, toutes ces circonstances influent sur le phénomène complexe que nous avons abordé et qui appelle les efforts et les méditations des météorologistes et des agriculteurs.

CONSÉQUENCES MÉTÉOROLOGIQUES DE L'ACCROISSEMENT NOCTURNE DE LA TEMPÉRATURE AVEC LA HAUTEUR.

Toutes les séries météorologiques se font, se sont faites et se feront dans la couche inférieure de l'atmosphère. Toutes sont donc affectées des interversions qui ont lieu chaque jour au lever et au coucher du soleil.

La température croissant avec la hauteur, le matin, le soir et pendant la nuit, après avoir été décroissante pendant le jour, il est clair que si deux observatoires météorologiques ne sont pas situés à la même hauteur au-dessus du niveau général du sol, leurs températures nocturnes et leur minima ne seront plus comparables. On ne peut pas comparer entre elles les températures fournies par deux stations, dont l'une est dans un fond ou dans une plaine, et l'autre sur une tour ou sur une colline, par cette raison très-simple que le thermomètre accusera, sur la colline ou sur la tour, des températures moins basses le matin, le soir et pendant la nuit, que celui de la plaine ou de la vallée. Je prends un exemple : l'observatoire de la Faculté des sciences de Montpellier est situé au haut de la colline à laquelle la ville doit son nom; les thermomètres sont à $59^m,5$ au-dessus de la mer; la fenêtre devant laquelle ils sont placés est tournée vers le N.-E.; une persienne protége les instruments dans cette direction et celle de l'Est; la gouttière et l'avance du toit, situées à $0^m,90$ au-dessus des instruments, les empêchent de rayonner vers le zénith. Ces circonstances tendent à hausser leurs indications; mais, d'un autre côté, ils sont exposés sans abri au souffle du N.-O., ou mistral, qui est le vent froid du midi de la France. Le Tableau suivant donne com-

parativement les minima et les maxima mensuels moyens observés en 1859 au Jardin des Plantes, à 29m,5 sur la mer et à 1m,50 au-dessus du sol, et à la fenêtre de l'observatoire météorologique de la Faculté des sciences[1], élevée de 10m,7 au-dessus du sol de la Place de la Canourgue, sommet de la colline qui porte Montpellier, et à 59m,5 au-dessus de la mer. On reconnaît qu'au Jardin des Plantes le minimum annuel moyen est plus bas de 3°,02. Quoique plus abrités des vents froids du Nord par une rangée de cyprès et un mur situés à 32 mètres de distance et des bâtiments placés à 5 mètres plus loin, les minima établis au Jardin des Plantes, dans la réserve dite le *Jardin carré*[2], indiquent des températures plus basses que ceux de la Faculté des sciences, qui sont exposés sans abri à l'action des vents du Nord et du N.-O. Le Tableau suivant démontre que l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur compense, et au-delà, l'influence des abris. Les maxima sont plus élevés de 0°,95, en moyenne, à cause de la réflexion du sol, et il en résulte une petite compensation pour l'expression de la moyenne de l'année. Malgré la plus grande élévation des maxima, la température annuelle moyenne du Jardin des Plantes est plus basse de 1°,03 que la moyenne de l'observatoire de la Faculté des sciences, quoique ces deux stations ne soient éloignées l'une de l'autre que de 460 mètres, et situées toutes deux au nord de la colline qui porte Montpellier; mais une différence de niveau de 30 mètres suffit pour élever la moyenne de plus d'un degré. Or, cette différence correspond à un écart en latitude de 2° 40′, déduit des moyennes de Paris et de Toulouse, telles que M. Renou les a établies.

---

[1] Mémoires de l'Académie de Montpellier, tom. IV; — 1860.

[2] Histoire du Jardin des Plantes de Montpellier, par M. Ch. Martins, pl. IX, n° 57.

Minima et maxima moyens de 1859 à la Faculté des sciences et au Jardin des Plantes de Montpellier.

MOIS 1859.	FACULTÉ DES SCIENCES, ALTITUDE, 59,5		JARDIN DES PLANTES, ALTITUDE, 29,5.		DIFFÉRENCE des minima.	DIFFÉRENCE des maxima.
	Minima.	Maxima.	Minima.	Maxima.		
	°	°	°	°	°	°
Janvier.....	1,37	9,39	— 1,84	9,31	3,21	0,08
Février.....	3,84	11,95	1,40	12,20	2,44	— 0,25
Mars.....	5,93	16,23	2,88	16,74	3,05	— 0,51
Avril.....	9,18	19,09	6,73	19,14	2,45	— 0,05
Mai.....	12,62	22,92	10,30	25,40	2,32	— 2,48
Juin.....	15,41	25,97	12,54	27,93	2,87	— 1,96
Juillet.....	20,82	33,10	16,60	34,00	4,22	— 0,90
Août.....	20,31	31,24	16,40	32,50	3,91	— 1,26
Septembre...	15,34	25,66	11,84	27,52	3,50	— 1,86
Octobre.....	13,15	20,28	10,48	21,12	2,67	— 0,84
Novembre....	6,49	13,66	3,11	14,28	3,38	— 0,62
Décembre....	0,83	7,57	— 1,28	8,27	2,11	— 0,70
Moyennes..	10,44	19,75	7,43	20,70	3,01	— 0,95

Voilà donc deux stations situées dans une même ville et suffisamment comparables pour la position des instruments, dont la moyenne diffère autant que si elles étaient éloignées l'une de l'autre de 28 myriamètres, dans le sens du méridien, la distance de Paris à Bourges ou de Montpellier à Saint-Étienne. Une différence de niveau de 30 mètres suffit pour amener ce résultat.

Le climat du Jardin des Plantes est aussi plus extrême que celui de l'observatoire de la Faculté des sciences, et cette différence est encore uniquement due à ce que le Jardin est dans un fond, la Faculté sur une colline. Contrairement à ce que l'on croit généralement, une plus grande élévation

au-dessus du sol environnant adoucit le climat, au lieu de le refroidir. Mais laissons de côté les moyennes annuelles, elles n'ont qu'un intérêt purement scientifique. En météorologie appliquée, les moyennes mensuelles ou annuelles ne nous apprennent rien. En effet, 10° est aussi bien la moyenne de — 10° et + 30° que de 0° et 20°. Or, qui oserait soutenir que ces écarts sont indifférents? Sous tous les points de vue, la connaissance des extrêmes de température est plus essentielle que celle des moyennes, et celles-ci n'ont un sens que lorsqu'on fait connaître en même temps les extrêmes qui les ont engendrées. Or, non-seulement l'altitude absolue au-dessus du niveau de la mer, mais encore l'élévation au-dessus de la contrée environnante ou au-dessus du sol, altèrent, comme on le voit, sensiblement le minima de température. Il n'y a donc rien de comparable sous le point de vue des degrés de froid fournis par des observatoires dont l'un est dans une vallée, l'autre sur une éminence; l'un à un rez-de-chaussée, l'autre sur une tour; l'un dans une rue, l'autre en pleine campagne; celui-ci au nord, celui-là au sud d'une colline. Comment, à plus forte raison, comparer des degrés thermométriques obtenus dans les rues de différentes villes? Dans l'une d'elles, la rue sera dirigée du Nord au Sud; dans l'autre, de l'Est à l'Ouest. Ces directions, se combinant avec celles des vents régnants chauds ou froids, agiront diversement sur le thermomètre. Des observations de ce genre sont à peine comparables à trois ou quatre degrés près. Lors du froid exceptionnel de janvier 1855, je m'en suis assuré avec MM. Roche et Parès. Les indications de nos minima présentèrent des différences qui s'élevèrent jusqu'à 8 degrés centigrades[1], suivant les points dans ou hors la ville où les observations étaient faites.

Une seconde conséquence de l'interversion qui a lieu dans le décroissement de la température, le matin, le soir et pendant la nuit, c'est que, si l'on veut comparer la température de deux stations éloignées, il ne faut jamais choisir les heures du matin et du soir. Imaginez, en effet, un observateur dans les hautes latitudes, qui consulte son thermomètre à huit heures du

---

[1] Sur le froid exceptionnel qui a régné à Montpellier en janvier 1855. (*Mémoires de l'Académie de Montpellier*, tom. III, pag. 91, et *Revue horticole*, 1855, pag. 288.)

matin, en hiver. Si le soleil n'est pas levé, s'il se lève ou s'il vient de se lever, il constate une certaine température d'autant plus haute que son instrument est plus élevé au-dessus de la plaine ou de la vallée. Le météorologiste placé sous une latitude plus basse regarde également son thermomètre à huit heures du matin ; mais pour lui le soleil est levé depuis longtemps : il y a décroissement de la température avec la hauteur, et, suivant que son observatoire sera plus ou moins élevé au-dessus du sol, il constatera une température plus ou moins basse, précisément le contraire de son correspondant polaire. En été, les différences seront en sens contraire. Rien n'est donc comparable dans les chiffres météorologiques publiés par le *Moniteur* et les autres journaux politiques, parce que la position des instruments ne l'est pas et qu'on les observe au milieu de circonstances physiques complètement différentes et même opposées. En outre, les heures choisies, sept et huit heures du matin, sont précisément des heures critiques qu'il aurait fallu éviter. Les deux seules heures comparables sont midi et minuit ; l'une est le milieu du jour, l'autre le milieu de la nuit sur tous les points du globe. Les conditions physiques et atmosphériques qui influent sur la température de l'air sont aussi semblables que possible. Dans tous les pays situés en deçà du cercle polaire, le soleil, à cette heure, se trouve au-dessus de l'horizon, il passe au méridien du lieu, et la température sera décroissante avec la hauteur, à partir du sol, excepté aux environs du solstice d'hiver, où les effets thermiques du soleil, élevé seulement d'un petit nombre de degrés au-dessus de l'horizon, seront analogues à ceux de l'astre au moment de son lever ou de son coucher, dans les latitudes moyennes.

L'accroissement nocturne de la température avec la hauteur complique aussi le calcul des différences de niveau obtenues à l'aide de deux baromètres correspondants. La formule suppose un décroissement uniforme de la température à partir du sol ; mais le soir, le matin et pendant la nuit, le décroissement ne commence qu'à une hauteur variable et presque toujours supérieure à celle du baromètre de la station inférieure. Le calcul des différences de niveau sera donc influencé par cette cause perturbatrice, qui s'ajoutera à toutes celles dont il est affecté pendant le jour. L'influence horaire était connue de tous ceux qui se sont occupés de la mesure des hauteurs par le baromètre. M. Plantamour, professeur d'astronomie à Genève, vient

de la mettre parfaitement en lumière [1]. Il a d'abord obtenu, à l'aide d'un nivellement exécuté avec le niveau à bulle d'air, la *vraie* différence de niveau entre l'observatoire de Genève et l'hospice du Saint-Bernard; puis il a calculé cette différence de niveau par les observations barométriques correspondantes des deux stations de deux en deux heures, de dix-huit heures à dix heures. Les observations du matin et du soir donnent toujours des altitudes moindres que celles du milieu du jour, ce qui tient au décroissement plus lent ou plutôt à l'abaissement de la température dû au rayonnement du sol des deux stations : t exprimant la température de l'air de la station inférieure, t' celle de la station supérieure, le cofficient $\frac{2(t+t')}{1000}$ devient trop faible ; de là, les moindres différences de niveau que l'on obtient pendant la nuit. C'est deux heures environ après le lever du soleil et deux heures avant son coucher, que le décroissement s'accorde le mieux avec la loi que suppose la formule barométrique. Ce sont aussi ces époques du jour qui donnent en général les meilleurs résultats.

CONSÉQUENCES PRATIQUES DE L'ACCROISSEMENT NOCTURNE DE LA TEMPÉRATURE AVEC LA HAUTEUR.

Applications à l'hygiène. — Les médecins ont toujours conseillé de ne pas habiter les dépressions du sol, les lieux bas, parce qu'ils sont généralement humides; c'est, en effet, un des inconvénients de ces stations. Nos expériences en signalent un autre, l'abaissement de la température pendant la nuit : cet abaissement est très-sensible sans l'aide d'aucun instrument. Mon habitation au Jardin des Plantes est précisément située dans la partie la plus basse de ce jardin et au-dessous du niveau général de la ville. Aussi, le soir, on sent parfaitement, en descendant le boulevard Henri IV, qu'on entre dans un air de plus en plus froid. Quand le temps n'est pas sec, cet air donne à la peau

---

[1] Mesures hypsométriques dans les Alpes (*Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, tom. XV; — 1860) et Lettre de M. Ch. Martins à M. E. Plantamour, Sur l'influence de la distance et la correction horaire des différences de niveau barométriques (*Bibliothèque universelle de Genève*, tom. IX, pag. 185; — novembre 1860).

la sensation du froid humide. C'est pour la même raison que nous voyons par des temps humides des brouillards se former au-dessus des bas-fonds, dans les vallées, tandis que le sommet des collines ou même celui des tours s'élève au-dessus de la brume. La vapeur d'eau, qui passe à l'état visible dans la vallée, reste transparente à une certaine hauteur. L'humidité est donc une conséquence de la température plus basse de l'air dans les dépressions du sol. A cette humidité vient se joindre celle résultant de l'accumulation des eaux pluviales, qui s'amassent dans ces dépressions, y séjournent, imprègnent le sol et y maintiennent une humidité funeste à la santé. Sous ce double point de vue, les habitations situées à mi-côte, au midi d'une colline peu élevée, seront toujours considérées, dans toute l'Europe, comme les plus salubres.

Applications à l'agriculture et à l'horticulture. — Les inconvénients des dépressions du sol, les avantages des terres élevées avaient déjà été signalés depuis longtemps, sans que la vraie cause fût connue. On mettait exclusivement sur le compte de l'humidité un résultat dû à des effets complexes, le froid comme cause et l'humidité comme conséquence. Ainsi, la maturation plus tardive des céréales, l'invasion de l'ergot et d'autres cryptogames étaient uniquement attribuées à l'eau à l'état liquide dans le sol ou à l'état de vapeur dans l'air. Nous connaissons maintenant le rôle que joue la température; elle nous explique des faits inexplicables sans elle. Ainsi, après des nuits très-froides, on a vu dans le midi de la France les oliviers gelés jusqu'à une certaine hauteur sur des collines, et préservés au-dessus de cette limite. Quelques mètres de différence de niveau suffisaient pour qu'un arbre périt ou fût sauvé [1]. Le 21 janvier 1855, un thermomètre suspendu à un arbre, dans la partie basse du Jardin, et rayonnant librement vers l'espace, descend à — 18°: les lauriers périssent presque tous aux alentours de mon habitation, tandis qu'ils sont épargnés dans des conditions d'abri toutes semblables à quelques mètres plus haut. Il en fut de même pour les figuiers, les oliviers et autres arbres ou arbustes exotiques [2].

---

[1] Nous avons vu qu'en hiver l'excès thermique de la température à 6 mètres, comparée à celle à 0m,05, est de 1°,91. (Voyez la courbe 2, Pl. II.)

[2] Voyez mon Mémoire sur le froid exceptionnel de janvier 1855, dans ceux de l'*Académie de Montpellier*, tom. III, pag. 91, et *Revue horticole*, 4e série, tom. IV, pag. 288.

M. Milne-Home [1] a fait la remarque que les localités les plus basses sont celles où l'on observe les plus grands froids. Ainsi, dans les environs d'Édimbourg, les deux stations les plus basses de la Société météorologique, Smeaton et East-Linton, sont celles où le froid a été le plus intense dans l'hiver de 1860-1861. En Angleterre, c'est à Nottingham, qui est situé dans un fond et loin de la mer. Pour être parfaitement comparables, il faudrait que, dans chacune de ces stations, les thermomètres fussent à la même hauteur au-dessus du sol, et j'ignore si cette précaution indispensable a été prise par les observateurs.

Vitis amat colles. En écrivant cet hémistiche, Virgile savait par expérience ce que la météorologie de son temps était incapable d'expliquer. Quand les jeunes bourgeons de la vigne sont atteints par les froids printaniers, c'est toujours pour ainsi dire proportionnellement à la hauteur ; toutefois l'accident est rare lorsqu'une cause de réchauffement vient contrebalancer celle du froid. Ainsi, les célèbres vignes de Frontignan sont situées en partie au bord et au niveau des étangs salés ; mais l'eau, qui rayonne moins que la terre, se refroidit moins et élève ainsi la température de la couche d'air en contact avec elle ; d'un autre côté, des brumes troublent plus souvent la sérénité du ciel et recouvrent ainsi la terre d'un écran qui l'empêche d'échanger par rayonnement sa chaleur propre avec celle des espaces célestes ; échange inégal, où le sol est constamment en perte, les espaces planétaires ayant une température que les estimations les plus modérées abaissent à — 60° centigrades.

L'hiver, pendant les nuits sereines, le décroissement de la température dans le voisinage du sol, c'est-à-dire entre 0m,05 et 2 mètres, est très-rapide, savoir, en moyenne, de 0°,66 par mètre, et il atteint quelquefois 1°,1 par mètre [2]. Il est impossible que des différences aussi considérables ne se traduisent pas par leurs effets sur des arbustes délicats. Je les ai observés souvent sur les camélias en pleine terre. Les feuilles des branches en contact avec le sol étaient roussies, tandis que celles situées à un mètre au-dessus ne

---

[1] Balfour ; Observations on temperature in connection with vegetation. (*Transactions of the botanical Society*, vol. VII ; — 1861).

[2] Voyez pl. II, courbe n° *1*.

l'étaient pas. En rappelant leurs souvenirs, tous les horticulteurs pourront citer des faits analogues. J'ai vu aussi, comme tous les agriculteurs du midi de la France, des mûriers à tige basse atteints par la gelée, tandis que ceux à tronc élevé qui croissaient sur le même terrain étaient épargnés. M. Paran, ingénieur des mines à Alais, a constaté le fait sur une large échelle, au printemps de 1860.

Quant aux grands arbres, on peut dire, lorsqu'ils dépassent 6 mètres, que, dans les nuits sereines (voyez Pl. II, courbe 5), il y a une différence moyenne de 1°,76 entre la température de l'air de la base du tronc et celle de la couche qui entoure les branches à 6 mètres au-dessus du sol. Cette différence peut dépasser deux degrés. Comment s'étonner, après cela, qu'on trouve sur un arbre feuillé dès la base des feuilles gelées près du sol, tandis qu'elles sont parfaitement vertes à six mètres au-dessus? Aussi ne faut-il accorder qu'une confiance limitée aux degrés thermométriques indiqués par les horticulteurs comme correspondant à la congélation de certains végétaux, car le thermomètre consulté est situé souvent fort loin et à un niveau différent de celui du végétal observé. Veut-on obtenir des résultats rigoureux, il faut que le thermomètre soit placé à côté et à la même hauteur que les parties de la plante dont on veut étudier la congélation.

RÉSUMÉ.

1° Pendant les nuits sereines, il y a toujours accroissement de la température de l'air avec la hauteur dans la couche inférieure de l'atmosphère. Sous le ciel de Montpellier, la limite de cet accroissement est habituellement supérieure à 50 mètres.

2° L'accroissement n'est pas uniforme. Plus rapide dans le voisinage du sol, il est en moyenne de 1° centigrade pour 13 mètres, entre 0m,05 et 50 mètres.

3° Par un ciel couvert, le décroissement diurne persiste pendant la nuit, ou bien l'accroissement nocturne est très-faible, savoir, en moyenne de 1° pour 46 mètres.

4° Avec un ciel serein, l'accroissement est beaucoup plus rapide : mes observations donnent 1° pour 9 mètres en moyenne.

5° L'excès thermique est le même au sommet d'une colline ou au sommet d'une tour de même hauteur.

6° Un vent fort tend à égaliser la température dans la couche inférieure de l'atmosphère, où l'accroissement nocturne se manifeste.

7° Les résultats de Montpellier étant sensiblement d'accord avec ceux de Pictet et Marcet à Genève, Six à Cantorbery, Bravais et Lottin à Bossekop, en Laponie, ce phénomène peut être considéré comme général et semblable sous toutes les latitudes.

8° Un thermomètre soustrait au rayonnement zénithal et terrestre marque en moyenne pendant la nuit une température plus élevée de 0°,90 que celui qui rayonne librement dans tous les sens.

9° La température de la surface du sol est presque toujours un peu plus élevée que celle de la couche d'air immédiatement en contact avec elle.

10° Le rayonnement terrestre est la vraie cause de l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur. Pendant le jour, la terre, échauffée par le soleil, échauffe à son tour l'air par contact; elle le refroidit la nuit en rayonnant vers les espaces célestes.

11° Des séries d'observations météorologiques ne sont pas comparables, si les stations ne sont pas semblablement situées et les instruments placés à la même hauteur au-dessus du sol.

12° L'accroissement nocturne de la température avec la hauteur affecte le calcul des différences de niveau par le baromètre, quand les observations correspondantes ont été faites au lever du soleil, à son coucher, ou pendant la nuit.

13. Tous ces faits rendent compte de la congélation des végétaux dans les bas-fonds, et de leur préservation sur des éminences, après les nuits froides et sereines de l'hiver ou du printemps.

RÉSUMÉ

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

PENDANT L'ANNÉE 1861 ;

Par M. Édouard ROCHE.

Voici la cinquième année d'observations faites à la Faculté d'une manière régulière et dans des conditions uniformes. Bien que cinq ans soient loin de suffire à l'étude d'un climat, il est déjà intéressant de calculer les moyennes de cette période. On y verra, en effet, l'influence des perturbations accidentelles décroître progressivement, pour faire place aux valeurs normales qui caractérisent le climat de notre ville. Le tableau complet des observations et de leurs moyennes mensuelles et annuelles est inséré dans ce volume. Nous allons en résumer ici les principaux résultats.

Baromètre. — Les hauteurs observées ont été ramenées à la température zéro. Si l'on voulait de plus les réduire au niveau de la mer, il faudrait les augmenter de $5^{mm},6$, à raison de l'altitude du baromètre qui est de $58^{m},7$ au-dessus du niveau de la Méditerranée.

La plus grande hauteur barométrique $770^{mm},9$ a eu lieu le 26 janvier à huit heures du matin. La plus petite hauteur $743^{mm},8$ a été observée le 9 novembre à huit heures du matin.

Voici le tableau des moyennes annuelles, barométrique et thermométrique, depuis 1857.

ANNÉES.	HAUTEUR MOYENNE DU BAROMÈTRE.			TEMPÉRATURE moyenne.
	8 h. du matin.	Midi.	4 h. du soir.	
1857	757,23	756,98	756,32	14,07
1858	757,03	756,64	756,00	14,55
1859	757,48	757,20	756,52	15,09
1860	755,85	755,59	754,99	13,55
1861	757,60	757,41	756,67	14,90
Moyenne.	757,04	756,76	756,10	14,43

Le baromètre, comme on voit, s'est élevé cette année un peu au-dessus de la moyenne, tandis qu'en 1860 il s'était maintenu beaucoup plus bas.

Thermomètre. — La température moyenne de 1861, conclue de la demi-somme du maximum et du minimum de chaque jour, a été 14°,9 centigrades, c'est-à-dire un peu supérieure à la moyenne des cinq ans. L'année dernière, elle était notablement inférieure.

La plus haute température observée a été 35°,5 le 10 et le 14 août; la plus basse —4°,2 le 19 janvier.

Le jour le plus chaud a été le 8 août, dont la température moyenne a dépassé 29°. Les jours les plus froids ont été le 8 et le 18 janvier, avec une moyenne température d'environ 0°.

Il y a eu, dans l'année, 18 jours de gelée. Le thermomètre est monté 40 fois au-dessus de 30°.

État du ciel. — On a compté 189 jours où le ciel a été généralement beau, 97 nuageux et 79 couverts. Il y a eu 68 jours de pluie.

ANNÉES.	NOMBRE DES JOURS			JOURS de gelée.	JOURS au-dessus de 30°.
	Beaux.	Nuageux.	Couverts.		
1857	161	98	106	32	31
1858	196	99	70	32	46
1859	175	110	80	28	50
1860	148	128	90	27	17
1861	189	97	79	18	40
Moyenne.	174	106	85	27	37

Pluie. — Le pluviomètre, placé sur le toit de la salle d'observations, à 14 mètres au-dessus de la place de la Canourgue, et dont l'altitude est de 63m, a reçu en 1861 une quantité d'eau correspondant à une épaisseur de 0m,841. C'est à très-peu près la moyenne des cinq ans. Les mois d'octobre, février et mai en ont fourni, à eux trois, plus des deux tiers.

Les jours remarquables par de fortes pluies ont été : le 12 mai, où en vingt-quatre heures il est tombé 123 millimètres d'eau ; le 9 février, 65 millimètres ; et le 11 octobre, 62 millimètres, en moins de deux heures, par une pluie d'orage.

ANNÉES.	JOURS de pluie.	JOURS de neige.	JOURS d'orage.	QUANTITÉ de pluie.
				mm
1857	92	3	13	1246
1858	77	1	11	645
1859	73	1	13	506
1860	90	4	9	1005
1861	68	1	9	841
Moyenne.	80	2	11	849

Vents. — Les vents du nord ont été, cette année, plus fréquents que les vents du sud, dans le rapport de 11 à 5; les vents d'est plus fréquents que les vents d'ouest, dans le rapport de 7 à 5.

Hygromètre. — Les plus basses indications de l'hygromètre à cheveu ont été: 36° le 4 août, à quatre heures du soir, le baromètre étant à 758,9, le thermomètre à 29,5, le vent NNE assez fort; et 25°,5 le 7 septembre à quatre heures du soir, le baromètre étant à 758,1, le thermomètre à 27,8 et le vent NO assez fort.

Phénomènes accidentels. — Il est tombé de la neige le 8 janvier, laquelle a persisté jusqu'au lendemain. — On a compté 9 orages.

THÉORIE ET CONSTRUCTION

DU

CADRAN SOLAIRE PORTATIF

DIT ANALEMMATIQUE;

Par M. E. VIALA.

1. L'Analemme, du mot ἀναλημμα (hauteur), est la projection ou représentation orthographique des principaux cercles de la sphère céleste sur un plan. Le cadran dont nous allons donner la théorie s'appelle analemmatique, parce que les points horaires sont déterminés au moyen de la hauteur du Soleil.

Soient (*fig.* 1) CBD l'horizon, CAD le méridien qui lui est perpendiculaire; E le point du globe que nous considérons; EP l'axe du monde, faisant avec ED l'angle de latitude PED que nous désignerons par λ; EG perpendiculaire sur EP, la trace de l'équateur sur le plan du méridien, cette trace faisant avec CE l'angle $GEC = 90^{o} - \lambda$; EA la trace sur le méridien du premier vertical, plan passant aux points d'Est ou d'Ouest; SH parallèle à EG, la trace du parallèle que décrit le Soleil au 21 juin, au premier degré du tropique du Cancer.

Cela posé, considérons, par exemple, l'instant de 10 heures du matin, lorsque le Soleil décrit l'équateur EG; il sera alors distant du méridien de

30° vers l'Est; et si l'on imagine la circonférence où il se trouve, rabattue en GAD, en prenant l'arc $Gm = 30°$, et abaissant la perpendiculaire *mi* sur GE, *mi* sera la distance à laquelle se trouve de la méridienne CD, sur l'horizon, la projection du centre du Soleil vu sur la sphère de rayon GE, sur la direction de la droite qui joint le centre E et le centre de l'astre à 10 heures du matin. Cette même projection, telle que nous venons de la définir, se trouve à la distance *i*K du premier vertical, *i*K étant perpendiculaire sur EA. Or, puisque l'arc $Gm = 30°$, on a

$$im = \text{EG} \sin 30° ; \qquad (1)$$

puis le triangle rectangle *i*KE donne

$$i\text{K} = i\text{E} \cos i\text{EM} = i\text{E} \sin \lambda = \text{EG} \cos 30° \sin \lambda = \text{EM} \cos 30°, \quad (2)$$

à cause de

$$\text{EM} = \text{EG} \sin \lambda. \qquad (3)$$

Si donc nous décrivons du centre E, avec le rayon $Er = \text{EM}$, l'arc $re = 30°$, nous aurons $\text{ER} = i\text{K}$.

Ainsi, ayant tiré (*fig.* 2) les droites *i*l, K*l* à angles droits, la première représentant la trace du méridien sur l'horizon, et la deuxième la trace du premier vertical; ayant pris ensuite K*l* et *i*K égales respectivement aux droites *im* et *i*K de la *fig.* 1, le point *m*, situé à l'intersection des parallèles *ml*, *mi*, à *i*l, *pl*, sera sur l'horizon la projection cherchée du centre du Soleil; tirant *m*K 10^h, l'angle *m*K*i* sera l'azimut de l'astre; et si on conçoit un style droit planté perpendiculairement au point K, son ombre, à l'instant proposé, passera sur le point où nous avons inscrit 10^h, les droites Kl et l 10^h ayant été prises, la première égale à K*i*, et la deuxième égale et parallèle à K*l*.

2. Or cette construction, qui nous donne sur la *fig.* 2 le point de 10^h, peut être faite sur la *fig.* 1 de la manière suivante, qui revient au même.

Sur le cercle horizontal CBDA', ayant pris l'arc $\text{DN} = 30°$, mené N*f* parallèle à CD, le sinus N*n'* de l'arc ND sera égal à *im*; et comme d'ailleurs nous avons vu ci-dessus que $\text{ER} = i\text{K}$, il s'ensuit que l'intersection des droites N*f*, *e*R, la première parallèle à CD, la deuxième à EA, donnera au

moyen d'un style droit planté en E, le point de 10^h. L'azimut RE 10^h résultera de la relation

$$\text{tang RE } 10^h = \frac{\text{R } 10^h}{\text{ER}} = \frac{\text{EG sin } 30^o}{\text{EG cos } 30^o \sin \lambda} = \frac{\text{tang } 30^o}{\sin \lambda}. \qquad (4)$$

Ceci nous fournit même une construction graphique des points horaires: divisons le cercle décrit du rayon E*r*, ainsi que le cercle CAD, en quarante-huit parties égales, à partir des points *r* et D où nos cercles sont coupés par ED; et de chaque division opposée tirons des lignes droites, savoir : celles du grand cercle parallèles à la ligne CD, et celles du petit cercle parallèles à AB; les sections, telles que 10^h, de ces lignes seront les points des heures et des demi-heures, ce qu'il faut entendre des sections les plus proches de la grande circonférence. Traçons par ces points une courbe que nous verrons bientôt (n° 7) être une ellipse, projection orthogonale de la circonférence CADB, la figure 4 de la planche V, construite sur une échelle double de celle de la figure 1, représente les points horaires et l'ellipse qui les unit.

3. Supposons maintenant que le Soleil décrive, par exemple, le tropique SH du Cancer, l'arc GH étant $\omega = 23°27'29''$, inclinaison de l'écliptique sur l'équateur; déterminons de même l'azimut de l'astre, correspondant à 10^h du matin. Ayant décrit du point S, avec le rayon SH, l'arc H*m'*, et pris H*m'* $= 30°$, mené la perpendiculaire

$$m'i' = \text{SH} \sin 30^o = \text{EG} \cos \omega \sin 30^o, \qquad (5)$$

et tiré parallèlement à CD la droite *i'*K'*n*, terminée au prolongement de la perpendiculaire abaissée du point S sur CD, nous aurons la distance *i'*K' de la projection du centre du Soleil au premier vertical, égale à

$$i'n - n\text{K}' = i'\text{S} \sin \lambda - \text{K}'n = \text{SH} \cos 30^o \sin \lambda - \text{K}'n.$$

Or K'*n* ou E*d* $= \text{ES} \cos \lambda = \text{EG} \sin \omega \cos \lambda = \text{SH tang } \omega \cos \lambda$;

ainsi $$i'\text{K}' = \text{SH} \{\cos 30^o \sin \lambda - \text{tang } \omega \cos \lambda\}. \qquad (6)$$

Prenant donc (*fig.* 2) *i'm'* et *i'*K égales respectivement à *i'm'*, *i'*K' de la

figure 1, le point m', intersection des parallèles $i'm'$, am', à pl, il, sera la projection horizontale du centre du Soleil à 10^h du matin, le 21 juin. Tirant la droite $m'KM'$, l'angle $i'Km'$ sera l'azimut cherché, et un style droit placé en K projetterait à cet instant une ombre dirigée selon KM'.

Donc, si nous voulons que la direction de cette ombre passe sur le point de 10^h, il faudra placer ce style au point c qui est tel que $Kc = M'10^h = mb$; car alors l'azimut $Ic\,10^h$ sera égal à M'KI.

4. Cherchons l'expression analytique de Kc ou mb (*fig.* 2). Les triangles semblables $Km'a$, Kbl, donnent

$$\frac{bl}{lK} = \frac{m'a}{aK}; \quad \text{d'où } bl = \frac{lK.m'a}{aK}$$

$$= \frac{EG \sin 30^\circ SH (\sin\lambda \cos 30^\circ - \operatorname{tang}\omega \cos\lambda)}{SH \sin 30^\circ}$$

$$= EG (\sin\lambda \cos 30^\circ - \operatorname{tang}\omega \cos\lambda).$$

Retranchant cette quantité de $ml = iK = EG \cos 30^\circ \sin\lambda$, on aura la longueur cherchée

$$mb = EG \operatorname{tang}\omega \cos\lambda = GM \operatorname{tang}\omega. \qquad (7)$$

Ainsi, plaçant notre style droit sur la méridienne (*fig.* 1) au point q, tel que

$$Eq = mb = GM \operatorname{tang}\omega,$$

l'ombre à 10^h du matin, le 21 juin, sera encore dirigée selon $q\,10^h$.

5. Remarquons maintenant (*fig.* 1) que

$$Fd = SH \sin\lambda = EG \cos\omega \sin\lambda;$$

ainsi, si nous décrivons du point F, avec le rayon $EM = EG \sin\lambda$, un arc qui coupe en c' la perpendiculaire abaissée de S sur ED, nous aurons

$$\cos c'Fd = \frac{Fd}{c'F} = \frac{EG \cos\omega \sin\lambda}{EG \sin\lambda} = \cos\omega;$$

donc l'angle $c'Fd = \omega$.

Menant ok parallèle à CD, nous aurons, dans le triangle $c'ok$,

$$oc' = \frac{ok}{\cos\omega} = \frac{ES\cos\lambda}{\cos\omega} = \frac{EG\sin\omega\cos\lambda}{\cos\omega}$$
$$= EG\ \text{tang}\,\omega\cos\lambda = GM\ \text{tang}\,\omega = Eq.$$

Il est évident que les mêmes constructions et les mêmes formules s'appliqueraient à toute autre déclinaison du Soleil et à toute autre heure.

6. De ce que nous venons de démontrer résulte la construction graphique suivante pour obtenir les positions du style droit correspondantes aux divers signes du zodiaque : ayant reproduit (*fig.* 3) la figure 1, je prends GH = GI = ω; les points P, G, H, I se marquent aisément au moyen des cordes des arcs DP = 43°36′44″ = λ à Montpellier, CG = 46°23′16″, et GI = ω = 23°27′29″. Pour un rayon = 0^m,04, représenté par 200 parties d'une échelle de 1 à 5 000, ces cordes sont respectivement 148,58, 157,54, 81,31. Je tire la ligne HI coupant l'équateur au point Y, duquel comme centre je décris le cercle HLIQ, ou seulement sa moitié que je divise en six parties égales (chacune de ces parties représente un signe ou un intervalle de 30°). Par chaque point de division je tire des parallèles à l'équateur; des points où ces parallèles rencontrent le grand cercle ou méridien CADB, j'abaisse des perpendiculaires qui rencontrent l'horizontale aux points M, N, O, F; et des points où nos parallèles rencontrent l'axe EP, j'abaisse des perpendiculaires indéfinies S*c*, R′*b*, Q′*a*; j'ouvre le compas de l'espace EM, et avec cette distance du point N je coupe Q′*a* par un petit arc en *a*; du point O je coupe R′*b* au point *b*; et du point F, toujours avec la même distance EM, je coupe S*c* en *c*. Soient *x*, *t*, *o* les points où le diamètre AB est rencontré par les droites N*a*, O*b*, F*c* : pour construire le petit zodiaque, je prends la distance *oc* que je porte de E vers D et vers C; pour les tropiques du Cancer et du Capricorne, je prends la distance *tb*, que je porte de même à partir de E, pour marquer sur CD les points des parallèles des Gémeaux d'un côté et du Verseau de l'autre. Je prends enfin la distance *xa* pour marquer, du même point E, d'un côté le parallèle du Taureau, et de l'autre celui des Poissons; on forme ainsi le petit zodiaque comme il se voit dans la figure. On pourrait marquer par la même méthode les degrés et minutes des divers signes du zodiaque, en admettant que la

figure eût d'assez grandes dimensions. Cette construction résulte évidemment des nos 4 et 5, où nous avons fait voir que le 21 juin, par exemple, pour déterminer le point q (*fig.* 1) où le style droit doit être placé, afin qu'à 10^h du matin son ombre passe sur le point de 10^h, il fallait prendre $Eq = oc'$, c' étant le point où l'arc décrit du point F, avec le rayon EM, coupe le prolongement de la perpendiculaire Sd, et o étant l'intersection de Fc' avec AB. Il est clair aussi, d'après le mode de division du cercle ILHQ, que les points α, β, où les parallèles à EG rencontrent la circonférence CADB, correspondent, savoir : le point α au commencement des signes des Gémeaux et du Lion, le point β au commencement des signes du Taureau et de la Vierge, et qu'il en est de même pour les signes figurés du côté du Sud.

7. Dans le cadran qui nous occupe, les points horaires déterminés par les formules

$$Nn' = EG \sin(\text{dist. hor. } 15^o, 30^o \ldots), \quad ER = EG \sin\lambda \cos(\text{dist. hor. } 15^o, 30^o \ldots)$$

(voy. nos 1 et 2) appartiennent à une ellipse dont le demi-grand axe est $EG = a$ et le demi-petit axe $b = a \sin\lambda$.

En effet, pour obtenir ces points, nous avons imaginé (no 1) que le centre du Soleil décrivait d'abord la circonférence de l'équateur d'une sphère de rayon arbitraire $EG = a$, et qu'un style droit était planté au centre de cet équateur perpendiculairement à un cercle horizontal incliné sur l'équateur d'un angle égal au complément de la latitude du lieu pour lequel on veut construire le cadran. Cela posé, s'il s'agissait de déterminer les points horaires sur l'équateur même, il suffirait de diviser sa circonférence à partir du méridien inférieur en arcs de 15° pour les heures, ou en arcs de $7^o\,30'$ pour les demi-heures. Or les points ainsi obtenus, projetés orthogonalement sur notre cercle horizontal, deviennent précisément les points horaires du Cadran analemmatique et appartiennent à une ellipse, projection de l'équateur sur le cercle horizontal. Car si nous rapportons la circonférence de l'équateur et la courbe de projection à des axes rectangulaires qui seront sur les plans de ces courbes les traces du méridien et du premier vertical, cette dernière, commune aux deux courbes, étant l'axe des x, et les autres l'axe des Y pour l'équateur, l'axe des y pour la courbe de projection ; le rayon de l'équateur qui est dirigé

selon l'axe des Y aura pour projection sur l'axe des y, $a \sin \lambda = b$; et il y aura entre les ordonnées quelconques des deux courbes correspondantes à la même abscisse la relation

$$\frac{y}{Y} = \frac{\sin \lambda}{1} = \frac{b}{a},$$

ce qui est le caractère de l'ellipse. Donc, si nous imaginons que le centre du Soleil décrive la circonférence de l'équateur à partir du méridien supérieur, et qu'à un instant quelconque α soit l'arc décrit, ses positions sur l'équateur seront données par les relations

$$x = a \sin \alpha, \quad Y = a \cos \alpha; \quad \text{d'où } Y = x \cot \alpha;$$

tandis que sur l'ellipse de projection les positions correspondantes satisferont aux équations

$$x = a \sin \alpha, \quad y = b \cos \alpha,$$

car pour une même abcisse nous passons de Y à y au moyen de la relation

$$y = Y \frac{b}{a} = b \cos \alpha.$$

Nous retrouvons ainsi les formules mentionnées au commencement de ce numéro, et qui déterminent les points horaires dans le cadran actuel.

En déterminant les foyers au moyen de la relation

$$\text{distance focale} = \sqrt{a^2 - b^2} = a \sqrt{1 - \sin^2 \lambda} = a \cos \lambda,$$

on pourra tracer la courbe des heures d'un mouvement continu; mais à l'égard des points horaires eux-mêmes, il sera plus exact de les obtenir au moyen des formules ci-dessus ou par la construction graphique exposée au n° 2.

8. Réunissons maintenant les relations qui doivent nous servir à tracer notre cadran. Après avoir pris le rayon EG $= a$ tout à fait arbitraire, on aura (*fig.* 1, n° 1) :

$$EM = Er = b = a \sin \lambda. \qquad (8)$$

Les longueurs im ou les distances Nn' des parallèles Nf à CD sont données (n° 1) par la relation

$$Nn' = a \sin (\text{dist. hor. } 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, \text{etc.}). \qquad (9)$$

Les distances des parallèles R 10^h à EA sont données (n° 1) par la formule

$$ER = Er \cos(\text{dist. hor. } 15^\circ, 30^\circ, \text{etc.}) = a \sin\lambda \cos(\text{dist. hor. } 15^\circ, 30^\circ, \text{etc.}) \quad (10)$$

Enfin, pour les positions du style droit ou pour les distances Eq, il faut d'abord chercher GM, ou seulement son logarithme, par la formule

$$GM = a \cos \lambda. \qquad (11)$$

On aura ensuite (n° 4)

$$Eq = GM \text{ tang } D, \qquad (12)$$

ou bien

$$Eq = a \cos \lambda \text{ tang } D, \qquad (13)$$

D représentant la déclinaison solaire.

9. Donnons un exemple numérique de l'application de ces formules, et poposons-nous de déterminer, par exemple, le point de $2^h\,30^m$ du soir, et la position du style droit au 1er mai, en un point de Montpellier dont la latitude $\lambda = 43^\circ 36' 44''$.

Ayant pris le rayon a (*fig.* 3) de $0^m,04 = 200$ parties de l'échelle de 1 à 5000, nous aurons le rayon du petit cercle $b = 200 \sin 43^\circ 36' 44'' = 138$ parties.

Puis l'ordonnée Ed sera donnée par la relation

$$Ed = 138 \cos 37^\circ 30' = 109,4.$$

L'abcisse $d\delta$, ou la perpendiculaire à CD, menée par le point d, dont l'extrémité est le point de $2^h\,30^m$, sera donnée par la relation

$$d\delta = 200 \sin 37^\circ 30' = 121,7.$$

Enfin, pour avoir la position du style droit au 1er mai, je ferai usage de la formule (13)

$$Ei = 200 \cos 43^\circ 36' 44'' \text{ tang } 15^\circ 4' 20'' = 39.$$

Je mets dans la formule pour la déclinaison du Soleil celle que je lis au 1er mai dans la Connaissance des temps de 1858. Je choisis cette année,

moyenne entre deux bisextiles, afin que les déclinaisons solaires qui s'y rapportent conviennent à fort peu près aux mêmes dates d'une année quelconque voisine de celle-là.

10. Pour décrire le petit zodiaque où l'on ne voudrait inscrire que les mois, ce qui est principalement nécessaire, il faudrait par la formule (13) chercher les distances E*i* qui se rapportent aux premiers jours des divers mois, et aux limites 21 juin et 21 décembre, où les déclinaisons solaires atteignent leur maximum 23° 27′ 29″. On pourrait même, si le cadran est un peu grand, chercher les positions du style droit tous les cinq jours, et inscrire successivement ces positions et ces dates sur notre petit zodiaque ; le style pourrait être placé ainsi très-exactement à ces époques, et pour les dates intermédiaires on fixerait sa position en répartissant proportionnellement ces intervalles qui procèdent de cinq en cinq jours.

Quand le Soleil, au lieu de se trouver sur l'équateur, décrit un cercle quelconque parallèle à ce plan (nous regardons la déclinaison comme constante entre deux midis consécutifs), ses positions successives projetées sur le cercle horizontal appartiennent toujours à une ellipse, et nous avons vu (nos 3 et 4) comment on devait modifier la position du style droit pour que l'ombre de ce style passât toujours aux mêmes heures sur les points horaires correspondants.

Pour faciliter la construction du petit zodiaque, je consigne dans le tableau ci-aprés les longueurs E*i* (*fig.* 3), ou les positions du style droit, calculées de 10 en 10 jours, pour le rayon = 0m,08 = 400 parties de l'échelle de 1 à 5 000m, qui m'a servi à construire la planche V.

Dates.	Déclinaisons du Soleil.	Longueurs Ei.	Dates.	Déclinaisons du Soleil.	Longueurs Ei.
		parties.			parties.
1er janv.	23° 1′ 0″ austr.	123, 0	1er juill.	23° 8′ 7″	123, 7
10	21.57.57	116, 8	10	22.16. 2	118, 6
20	20. 7.27	106, 1	20	20.41.53	109, 4
1er févr.	17. 5.53	89,09	1er août.	18. 3.24	94,41
10	14.20.45	74,07	10	15.36.10	80,87
20	10.54.49	55,84	20	12.28.59	64,11
1er mars.	7.54.55	38,55	1er sept.	8.18.47	42,32
10	4. 6.12	20,78	10	4.57.51	25,15
21	0. 0. 0	0, 0	21	0. 0. 0	0, 0
1er avril.	4.32.17 boréa.	22,99	1er oct.	3.10.32 austr.	16,07
10	7.56.55	40,45	10	6.58.25	33,72
20	11.30.48	58,99	20	10.20.41	52,86
1er mai.	15. 4.20	77,99	1er nov.	14.26.35	74,59
10	17.37. 5	91,97	10	17. 9.42	89,44
20	19.58.48	105, 5	20	19.42.45	103, 8
1er juin.	22. 3.39	117, 4	1er déc.	21.49.35	116, 0
10	23. 1.27	123, 1	10	22.56. 7	122, 5
20	23.27.29	125, 7	20	23.27.29	125, 7

L'analemme étant ainsi construit, on le transportera sur une plaque de laiton bien dressée et polie; c'est-à-dire qu'on transportera sur la plaque la planche V qui offre, outre l'analemme (*fig.* 4), un cadran horizontal (*fig.* 5) pour la même latitude que l'analemme. Dans ce dernier, le milieu du petit zodiaque doit être fendu pour y faire couler le curseur *c* qui porte le style droit D[1].

11. Pour se servir de ce cadran, on le posera bien de niveau. On mettra le curseur avec son style droit sur le jour du mois, ou sur le degré du signe où se trouve actuellement le Soleil. On tournera ensuite le cadran ou d'un

[1] Voyez pour les détails de la gravure de la plaque, le *Traité de Gnomonique* de Dom Bedos, pag. 340-343.

côté ou de l'autre, jusqu'à ce que les deux cadrans s'accordent et marquent la même heure; alors on sera certain qu'ils sont bien orientés.

12. J'inscris dans le tableau suivant les angles que les lignes horaires, dans le cadran horizontal, forment avec la méridienne, pour la latitude de Montpellier. Ces angles ont été obtenus au moyen de la formule

$$\text{tang } x = \sin \lambda \text{ tang } p$$

qu'on tire du triangle sphérique DBC (*fig.* 6), rectangle en B. L'arc DB qui appartient au méridien est la latitude $\lambda = 43°36'44''$; l'angle CDB est la distance p du Soleil au méridien, savoir: 15° pour 1 heure, 30° pour 2 heures, etc. L'arc $CB = x$ est l'inclinaison demandée de la ligne horaire AC sur la méridienne AB. La figure 6 représente une position du Soleil à l'Ouest.

Heures et demi-heures.	Distances du Soleil au méridien.	Angles horaires.	Cordes pour le rayon = 400 part.
			parties.
Midi 30m	7° 30′	5° 11′	36, 16
1h	15	10.28	72, 96
1 30	22.30	15.57	111, 0
2	30	21.43	150, 72
2 30	37.30	27.53	192, 76
3	45	34.36	237, 88
3 30	52.30	41.57	286, 36
4	60	50. 4	338, 52
4 30	67.30	59. 1	394, 04
5	75	68.46	451, 80
5 30	82.30	79.12	509, 92
6	90	90. 0	565, 68
6 30	97.30	79.12	509, 92
7	105	68.46	451, 80
7 30	112.30	59. 1	394, 04
8	120	50. 4	338, 52

Le cadran horizontal étant parfaitement symétrique par rapport à la méridienne, les angles horaires du matin sont les mêmes que ceux du soir, relativement aux mêmes distances du Soleil au méridien.

Au-delà de 90° les mêmes angles reviennent, seulement ils doivent être comptés à partir de l'extrémité sud de la méridienne AB.

Fig. 1.

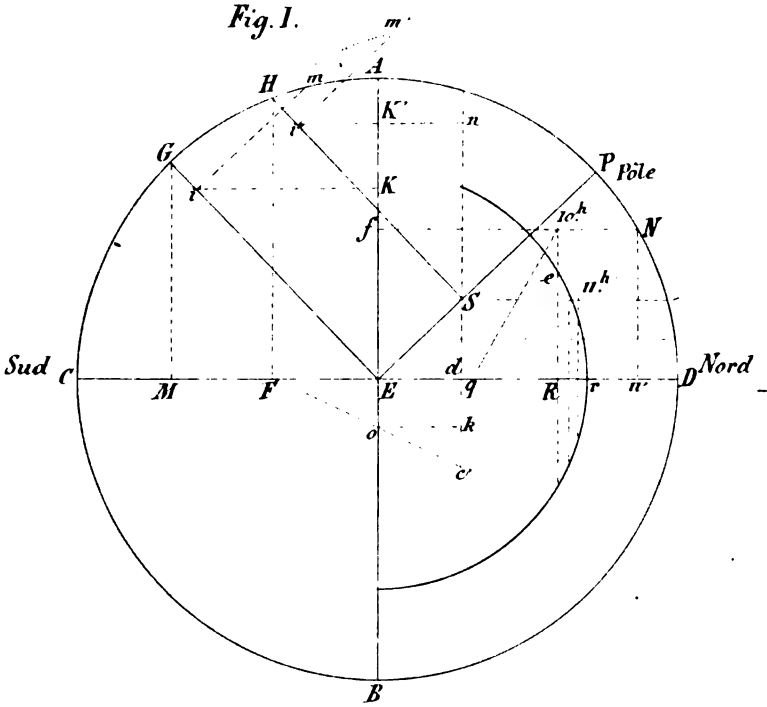


Fig. 2.

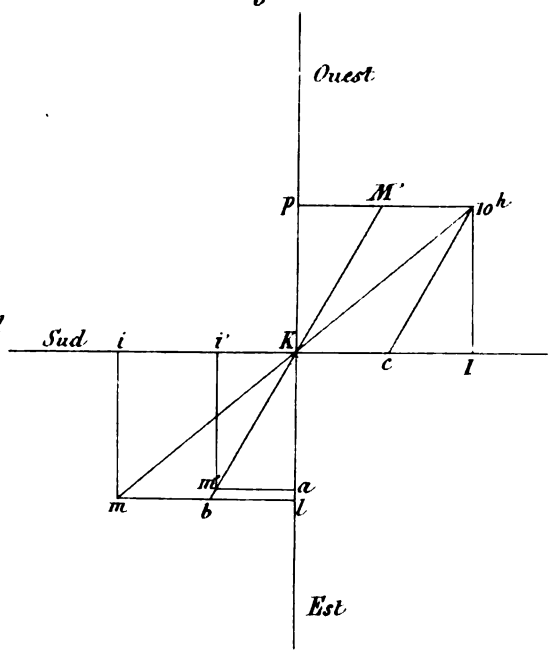


Fig. 3.

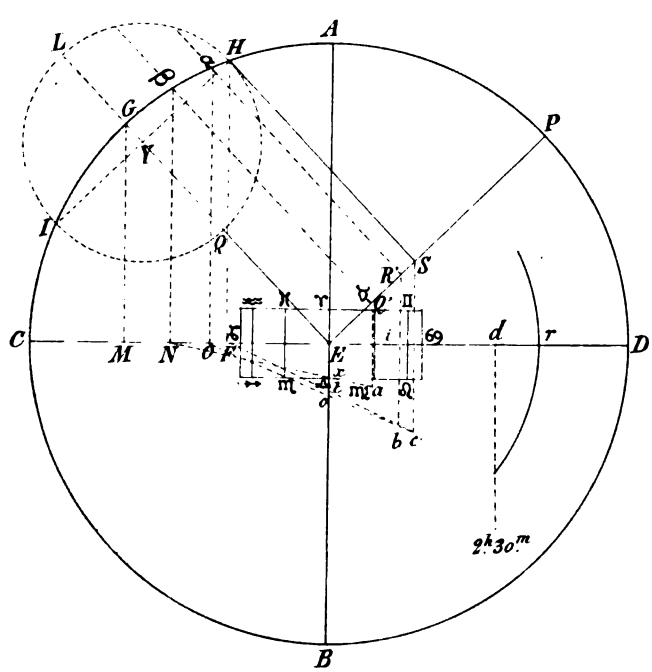
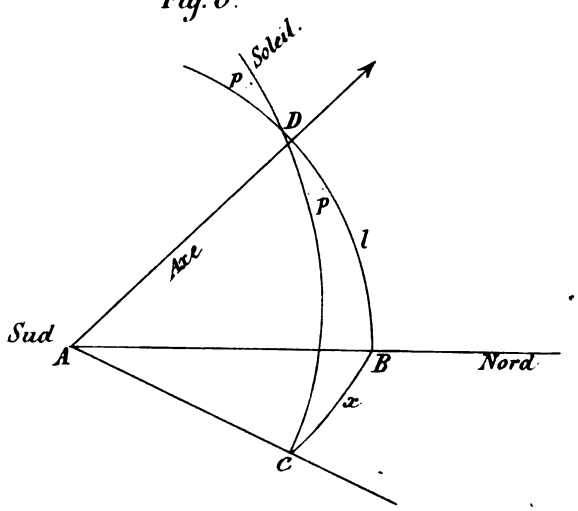
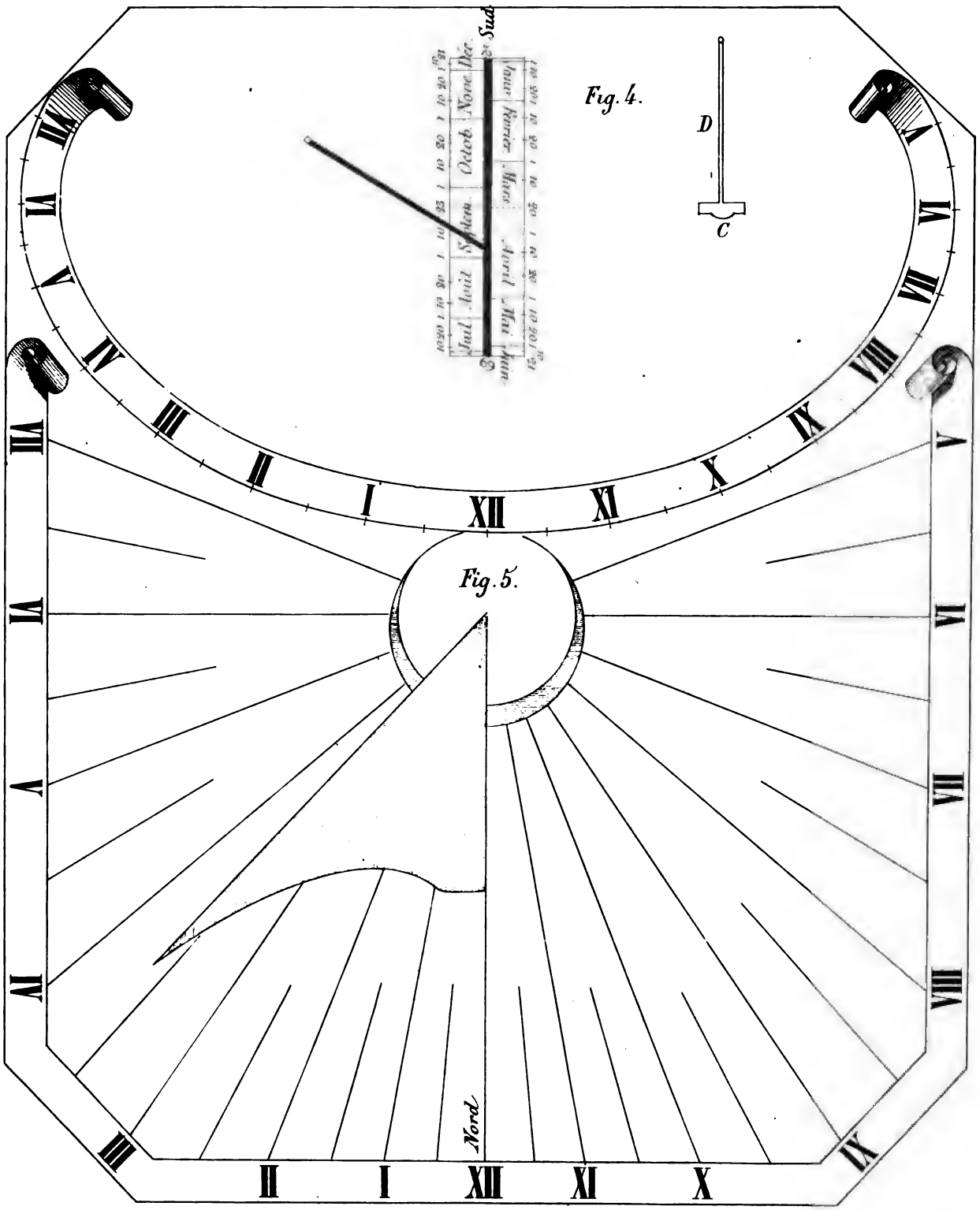


Fig. 6.



Lith. Boehm et fils Montpellier.

Cadran analemmatique pour la latitude 43° 36' 44".



Lith. Boehm et fils Montpellier

DE

LA RICHESSE MINÉRALOGIQUE

DU DÉPARTEMENT DE L'HÉRAULT;

Par M. Marcel DE SERRES.

La constitution géognostique du département de l'Hérault est assez simple lorsqu'on en considère l'ensemble ; elle ne devient compliquée que lorsqu'on en étudie les détails.

Si nous en examinons les parties méridionale et orientale, les plus rapprochées de la Méditerranée, elles nous paraîtront à peu près uniformes, étant composées essentiellement par les terrains tertiaires marins ou d'eau douce ; elles sont seulement interrompues par intervalles, et avec d'autant plus d'étendue qu'on se rapproche du Nord et de l'Est.

Les terrains crétacés, principalement les formations inférieures ou les néocomiennes, ainsi que plusieurs étages jurassiques, opèrent ces interruptions; ils forment aussi des espèces d'îlots au milieu des terrains tertiaires constamment dominants [1].

L'interruption la plus notable est celle que le mont Saint-Loup (639 mètres) a produite lors de son exhaussement, en portant les calcaires lacustres du groupe *eocène* à la hauteur de 305 mètres, hauteur qu'ils ont peu dépassée ailleurs, si ce n'est dans les environs de Cesseras, dans les terrains de grès verdâtres, disséminés du moins dans le département.

C'est du reste dans ces deux directions que les terrains tertiaires de diverse nature ont pris leur plus grand développement; les marins, les plus rapprochés de la Méditerranée, s'en écartent beaucoup moins et arrivent peu au-delà du mont Saint-Loup. Des forma-

---

[1] Les terrains coralliens jurassiques des bords du Salaison fournissent des marbres rougeâtres connus sous le nom de marbres de Salaison.

tions lacustres parviennent dans cette direction jusqu'à Notre-Dame-de-Londres, et se continuent vers le Nord-Est à travers les départements du Gard et de la Lozère, pour se terminer à Salgas, dans la dernière de ces régions, à environ trente-six lieues des mers actuelles.

Les mêmes formations d'eau douce, si développées à l'Est, ne le sont pas moins vers l'Ouest, où elles s'étendent jusqu'à Cesseras et la Livinière, presque sur les limites occidentales du département, après avoir pris leur plus grande importance auprès de la Caunette, où elles sont caractérisées par de puissants dépôts de lignite compacte. Ces lignites fournissent d'excellents combustibles, surtout à la Caunette (139 mètres), Azillanet (123 mèt.), Aigues-Vives (169 mèt.) au-dessus de la Méditerranée.

Il existe bien quelques lignites tertiaires dans les parties orientales du département; mais elles sont loin, même celles des formations d'eau douce, d'avoir l'importance des dépôts lacustres de la Caunette et de ses environs, surtout sous le rapport de la bonté des combustibles que l'on y exploite.

Les formations d'eau douce fournissent en outre d'excellents matériaux de construction, soit les dépôts calcaires, soit les dépôts de grès qui s'y rattachent; elles sont très-prisées par la facilité de leur taille, et en raison de ce qu'elles durcissent à l'air, quoique moins promptement que les calcaires marins tertiaires.

Ces derniers se rapportent à plusieurs groupes : le plus ancien, ou *miocène*, comprend plusieurs systèmes; l'inférieur donne les meilleurs et les plus beaux matériaux de construction que l'on emploie à Montpellier dans les bâtiments d'une certaine importance. Il en est bien ainsi de l'étage supérieur, mais toutefois avec cette différence que les matériaux que l'on en retire n'ont pas la même beauté ni la même valeur.

L'étage marin récent n'appartient plus au groupe *miocène*, mais à l'étage *pliocène*, composé de grès, de marnes, de quelques bancs calcaires et de sables marins. Ces sables, précieux pour la fabrication des mortiers, commencent à disparaître dans les environs de Montpellier, en raison du nombre des constructions. Il faudra donc bientôt les chercher avec soin, et ce qui en rendra la recherche difficile, c'est que l'on ne peut guère espérer d'en trouver qu'au-dessus des calcaires moellons, qui n'ont pas été mis encore à découvert.

Ces terrains ne fournissent guère, en matériaux utiles, que des sables, des pierres de construction et des lignites, mais en général d'une qualité inférieure.

Il en est différemment des dépôts plus anciens, tels que les formations primaires et secondaires, qui se composent des groupes siluriens, carbonifères, houillers et permiens, auxquels on peut joindre les terrains triasiques, jurassiques, oolithiques et crétacés. Les matériaux provenant de ces derniers terrains ont été principalement employés dans les constructions des anciennes villes romaines du département, comme par exemple Murviel et Substantion.

Les formations houillères constituent des mines importantes dans les environs de Saint-Gervais, surtout à Graissessac, à Camplong et à Castanet-le-Haut. Elles n'avaient jusqu'à

présent été exploitées que vers le flanc méridional et oriental de la vallée, mais on espère bientôt tenter avec succès de nouvelles recherches dans le sens est et septentrional de la vallée. On compte principalement diriger les recherches vers Camplong, qui deviendra pour lors le centre principal et le foyer des exploitations.

On avait aussi longtemps exploré avec succès les mines de charbon du canton de Neffiès, mines assez rapprochées des terrains permiens, qui n'étaient guère connues auparavant que dans une très-petite partie de l'Hérault. Ces mines, envahies par les eaux, sont maintenant tout à fait abandonnées; les travaux ne pourront être repris que lorsqu'on sera parvenu à en dompter la violence, ce qui n'est pas près d'avoir lieu.

Les terrains permiens, qui ont acquis un certain développement dans le bassin de Neffiès, se présentent sous une tout autre forme dans la vallée de Lodève, où ils sont exploités et connus sous le nom d'ardoisières. Ces terrains, composés par des marnes calcaires en plaques peu épaisses, sont exploités comme pavés ou comme couvertures des habitations. Elles sont riches en empreintes de végétaux fossiles qui ne se rapportent guère qu'à deux classes : aux cryptogames acrogènes de la famille des fougères, comprenant cinq genres et une quinzaine d'espèces; et aux phanérogames gymnospermes, comprenant deux ordres ou deux familles anormales, savoir : les astérophyllitées composées d'un seul genre et d'une seule espèce, l'*Annullaria floribunda*; et les conifères, n'offrant encore qu'un genre anormal, la *Walchia*, qui a cinq espèces, dont aucune n'est représentée dans la nature actuelle, pas plus que le genre auquel ces espèces se rapportent.

Les terrains secondaires qui les surmontent se composent, ici comme ailleurs, de trois étages : 1° de l'inférieur ou des grès bigarrés, qui prend un fort grand développement dans l'arrondissement de Lodève; 2° des marnes irisées chargées de dépôts puissants de gypse de diverses variétés; ces variétés, parmi lesquelles on distingue les fibreuses et les soyeuses, y sont accompagnées par des cristaux de quartz hyalin prismé; 3° des marnes, des bancs pierreux et des sables du *keuper*, qui fournissent d'excellents matériaux de construction et sont employés comme tels dans les édifices publics, par exemple les églises.

Les sables inférieurs du lias étaient jadis utilisés dans les environs du Bousquet, près de Graissessac; on s'en servait pour en fabriquer des verres noirs de bouteille, qui étaient assez estimés des consommateurs. Malgré le voisinage des mines de charbon de Graissessac et les avantages qui en étaient la suite, on a abandonné ce genre de fabrication, faute de trouver une assez grande quantité de sable pour suffire à toutes les exigences d'une pareille usine.

Les calcaires de la chaîne du Saint-Loup, ainsi que ceux de la Sérane et du Larzac, servent comme excellents matériaux de construction, qu'on emploie comme pierres froides. On s'en sert aussi pour obtenir de la chaux; mais on fait principalement usage des calcaires crétacés, particulièrement de ceux des étages inférieurs. On emploie surtout les calcaires néocomiens bicolores, qui donnent parfois de la chaux maigre, ordinairement de la chaux grasse qui a aussi son utilité.

On peut citer parmi les minéraux utiles exploités près des limites du département, les houilles sèches ou stipites de la Cavalerie, dont les dernières couches ou les plus méridionales s'avancent jusqu'au sol de l'Hérault. Ces mines fournissent d'assez bons combustibles, mais les frais de transport diminuent singulièrement les avantages; aussi les propriétaires de ces mines attendent-ils avec impatience l'établissement du chemin de fer de Lodève à Rodez, qui donnera à leurs usines la valeur et l'importance qu'elles méritent.

Les dépôts néocomiens suivent, en arrière des terrains tertiaires, les côtes de la Méditerranée ; ils ne commencent guère à prendre une certaine étendue qu'à partir de quatre à cinq lieues de cette mer, depuis Prades jusqu'à la Bouissière et Ganges. Ils se prolongent également à l'Est, vers Claret, et se continuent ensuite dans le département du Gard.

Les formations crétacées, du moins les inférieures, sont caractérisées dans les environs de la mer, auprès du Petit-Gallargues, par des mines de peroxyde de fer hydraté. Le fer s'y trouve dans des espèces de poches ou dans des filons verticaux d'une épaisseur d'environ 3 mètres ; il est exploité dans ce moment, et avec un certain avantage.

Les terrains plutoniques et métamorphiques de la partie centrale de l'Hérault ont été l'objet d'exploitations considérables du temps des Romains, à en juger par les nombreuses excavations et galeries qu'ils nous ont laissées comme des preuves irrécusables de leurs travaux. Ils ont retiré, par exemple, des mines de Cabrières des minerais de cuivre gris (ou *fahlers*), du carbonate de cuivre et du sulfure de bismuth, ayant pour gangue le sulfate de baryte et le quartz généralement métamorphique.

On avait longtemps espéré pouvoir tirer parti de ces anciens travaux et exploiter avec profit les richesses métalliques qui s'y trouvaient encore. Nous n'avons jamais partagé cette espérance, et ces projets sont maintenant tout à fait abandonnés.

L'attention est portée actuellement sur des cuivres gris qui paraissent se rapporter à la panabase, ou *fahlers*, qui avait été jadis exploitée auprès de Cabrières. Ces minerais sont situés près de Vieussan, sur la rive gauche de l'Orb, à 30 kilomètres au nord de Béziers. Toutefois c'est au sud de Vieussan, dans la vallée du Pin, que toutes les recherches et tous les travaux ont été faits jusques à aujourd'hui.

Les fouilles ont principalement eu lieu sur d'anciennes exploitations qui avaient été depuis longtemps abandonnées. On a compté dans ces déblais jusqu'à trente-deux filons, les uns riches, les autres pauvres, les autres stériles. Ils affectent toutes les directions et paraissent venir tous d'un même point topographique, formant une espèce d'ellipse allongée dont le grand axe a 200 ou 300 mètres de long. Ce système mérite d'être étudié, en raison des renversements des couches qu'on y observe.

Les puissants filons quartzeux cuprifères que l'on reconnaît à Hérépian, à Lamalou, au Poujol, à Colombières et même ailleurs, viennent aboutir à ce même point. Tous ces filons coupent les terrains de transition inférieure qui s'appuient sur tout le contour du mont Caroux.

Les gangues varient un peu dans chaque filon, mais elles se composent toujours d'un

ou de plusieurs des éléments suivants, savoir : du quartz, du carbonate de chaux ferrifère, du sulfate de baryte et de la pyrolusite, ou manganèse oxydé métalloïde.

Le minerai est un cuivre gris accompagné de cuivre carbonaté bleu ou vert, de silicate de cuivre, sorte de résinite, et de cuivre hydroxydé.

L'analyse de quelques échantillons du minerai provenant de divers points des recherches, a prouvé qu'en moyenne ils contiennent 900 grammes d'argent par 100 kilogrammes de cuivre.

Il existe également plusieurs mines de cuivre qui jadis ont été exploitées dans le département de l'Hérault, et qui ne le sont plus maintenant. Ce sont les mines de Siricio, près Avênes, celles de Lunas et du Bousquet d'Orb. Nous avons déjà cité les mines de cuivre gris près de Cabrières, dans les environs de Clermont-l'Hérault, dont les Romains paraissent avoir tiré un assez grand parti.

Nous comprendrons également parmi les richesses minéralogiques du département de l'Hérault, les eaux minérales et thermales qui sourdent de son sein et qui sont pour ses habitants une source de santé, tout autant que de prospérité. Nous ne citerons parmi les eaux utiles que les eaux minérales et thermales, quelque intérêt que puissent avoir les bains de mer et les sources d'acide carbonique ; en commençant par les eaux qui sortent des terrains les plus récents, et finissant par celles qui sourdent des terrains les plus anciens.

Les eaux de Foncaude, près de Montpellier, d'une température de 25° à 26° centigrades, naissent des terrains néocomiens, à 42^{m} et 58^{m} au-dessus de la Méditerranée.

Les eaux de Balaruc, quoiqu'au bord des étangs salés et très-rapprochées de la Méditerranée, n'ont pas moins, pour expression de leur température, de 47°,5 à 50° centigrades. Ces eaux thermales s'écoulent des calcaires jurassiques oxfordiens.

Les diverses eaux de Lamalou paraissent avoir une source à peu près commune, à en juger par le peu de différence qu'elles présentent sous le rapport de leur température. Il en existe un assez grand nombre, désignées par des noms particuliers, parmi lesquelles nous n'en nommerons que deux, comme les principales, et qui peuvent très-bien donner une idée des autres.

La première, ou la source de Lamalou-le-Bas, est la plus anciennement connue ; elle a 35° de température et sort des marnes irisées (terrains du trias), à 194 mètres au-dessus de la Méditerranée. La seconde, ou la source de Lamalou-le-Haut, d'une température de 34°, sort des mêmes terrains que la précédente, mais à 203 mètres au-dessus de la mer.

Les eaux d'Avênes, des terrains de transition, à 287 mètres au-dessus de la mer, sont les seules sources minérales de l'Hérault qui soient froides et dont on soit obligé d'élever la température, lorsqu'on veut leur donner un certain degré de chaleur.

Nous n'avons plus maintenant qu'à nous occuper des terrains hors de série, pour faire connaître les diverses richesses minéralogiques d'un des départements les plus intéressants du midi de la France.

Les terrains volcaniques de l'Hérault ne sont guère que la continuation des chaînes de l'Aveyron, du Cantal, du Puy en Vélay et de l'Auvergne. Les premiers commencent aux limites des deux départements de l'Aveyron et de l'Hérault, au lieu de la Pesade, et ensuite au Nord-Ouest, au pic de Mourgis (1188 mètres), point le plus élevé de toute cette partie des terrains pyroïdes; car le sommet le plus haut de la montagne de l'Escandorgue n'arrive qu'à 899 ou 900 mètres. Après ces deux points, en quelque sorte limites, les terrains volcaniques prennent un grand développement, surtout à la montagne de l'Escandorgue, qu'ils composent presque tout entière. Ils s'étendent ensuite dans la même direction jusque dans le sein de la Méditerranée, où ils composent l'île de Brescou, point au-delà duquel les formations volcaniques ne sont plus apparentes.

Si, après ce premier aperçu, nous jetons un coup d'œil sur l'ensemble des terrains volcaniques de l'Hérault, nous verrons qu'ils se rapportent à deux formations principales: l'une, ou la plus ancienne, dite d'épanchement parce qu'elle s'est répandue au dehors sans cratères et sans coulée; l'autre, au contraire, d'une date plus récente, a eu lieu d'une manière plus violente, c'est-à-dire que ses produits ont été éjectés par des cratères et par de véritables coulées.

Quoique ces formations aient eu une origine bien différente, elles n'en sont pas moins à des distances fort inégales de la Méditerranée. En effet, les formations à cratères et à coulées de l'Hérault commencent à leur origine par le pic de Mourgis, ainsi que par les pics de l'Escandorgue, et se terminent par le pic pyroïde de Saint-Loup, près d'Agde, et la coulée sur laquelle le fort Brescou est bâti.

Quant aux formations d'épanchement, elles sont assez développées sur le plateau du Larzac et se continuent par la Pesade dans l'Hérault; elles s'étendent ensuite dans une infinité de bassins, parmi lesquels nous signalerons ceux de Péret, de Fontès, de Nefflès, de Gabian, de Caux, de Nisas, de Pézenas et de ses environs, tels que le lieu dit le Fort, de Saint-Thibéry, mais non les deux gibbosités dites les monts Bessan et Roque-Haute. Les terrains volcaniques de l'Hérault fournissent également des matériaux utiles et qui sont d'un usage journalier. Telles sont les laves ou les basaltes compactes que l'on emploie pour les clôtures et les grandes constructions, ainsi que pour les piliers des édifices. On se sert de même des laves scoriacées pour tous les genres de bâtiments qui exigent une grande solidité unie à une extrême légèreté.

On peut comprendre parmi les matériaux utiles que nous fournissent les terrains pyroïdes, les pouzzolanes ou les laves scoriacées portées à une température très-élevée, et qui une fois cuites servent aux mêmes usages. On a fait à cet égard des excavations considérables et profondes dans l'un des monts de Saint-Thibéry et on en retire une grande quantité de ces laves, que l'on livre au commerce après qu'elles ont été cuites et préparées d'une manière convenable.

Les terrains secondaires de l'Hérault sont assez souvent accompagnés par les dolomies qui affectent, du moins autour des plus anciens, des formes bizarres et singulièrement

tourmentées. Les rochers les plus remarquables de ce genre sont ceux qui, presqu'à la limite du département, surmontent les rochers liasiques du plateau du Larzac, dans les environs du village du Caylar. Leurs formes sont tellement semblables à de vieux édifices, qu'ils ressemblent à des tours démantelées et tombées en ruines.

Il en est à peu près de même des dolomies des environs du Long-Berger, près les Rives, et de quelques points des environs des bords du Lez, mais surtout auprès de Saint-Guilhem-le-Désert et des Cambrettes dans les environs de Viols-le-Fort. Il est bien d'autres points des terrains de Montpellier où existent également des dolomies; mais ces roches n'ont plus la même importance ni la même étendue que celles du plateau du Larzac : celles-ci atteignent, en effet, la hauteur de 835 mètres, ce qui annonce combien est grande l'élévation de la base sur laquelle elles s'appuient.

C'est principalement vers le nord-ouest du département que les terrains plutoniques prennent le plus grand développement et acquièrent la plus grande élévation, surtout dans les environs de Saint-Pons et de La Salvetat. Dans cette partie de l'Hérault se sont accumulées les plus hautes sommités, dont les plus élevées ne dépassent pas cependant 1,100 mètres.

Là, en effet, on découvre le mont Espinousse, d'une hauteur de 1,084 mètres; le mont Caroux, 1,093 mètres; le Montahud, 1,063 mètres, près le Bousquet; le mont Saint-Pons, signal mesuré par les ingénieurs géographes et évalué par eux d'une élévation de 1,056 mètres. Nous avons estimé la hauteur du plateau du Somail à 966 mètres, et celle du pont de La Salvetat, près les limites nord du département, à 705 mètres.

C'est aussi dans les formations de transition liées aux terrains plutoniques, que l'on découvre des marbres plus ou moins beaux et qui sont employés dans les constructions. Ces pierres d'ornement sont assez abondamment répandues dans les environs de Saint-Pons; on en exploite également d'assez estimées auprès de Fougères, au sud de Saint-Gervais, et cela en raison de leur nuance et de leur compacité, ce qui surprend peu : ces marbres se trouvent dans des terrains de transition à structure massive.

En résumé, le département de l'Hérault, dans ses parties méridionale et orientale, est presque entièrement composé de terrains tertiaires marins et d'eau douce, du moins vers l'Ouest, jusqu'auprès de Capestang, bourg rapproché de Béziers. On sait que cette ville est bâtie sur une colline ou butte calcaire marine et d'eau douce appartenant aux étages *éocène* et *pliocène*.

La partie centrale, ainsi que la portion nord-est du département, est formée par les terrains secondaires, soit jurassiques, soit crétacés inférieurs, lesquelles formations suivent et cotoient les rives de l'Hérault. Ils composent la chaîne de la Sérane, entre les masses de laquelle s'écoule la rivière. A cette chaîne vient se joindre, tout en s'abaissant considérablement, la petite chaîne transversale, dont la direction contraire est de l'Est à l'Ouest, au-dessus de laquelle s'élève le mont Saint-Loup, d'une hauteur de 659 mètres au-dessus de la Méditerranée. Ce mont, dont la face nord est tout à fait verticale, est composé par

trois formations secondaires, savoir : le lias, l'oolithe inférieure et l'oxfordien qui en couronne le sommet.

Cette structure démontre mieux que tous les autres genres de preuves que l'on pourrait invoquer, que le mont Ortus, dont la face méridionale est également verticale, n'a point été séparé du mont Saint-Loup; car si cette séparation avait eu lieu, comme on serait tenté de le supposer, ce qui a été admis si longtemps, les deux montagnes présenteraient les mêmes genres de formation et non une constitution tout à fait différente et opposée.

La partie nord, surtout celle qui correspond à l'extrémité occidentale du département, appartient essentiellement aux formations primaires métamorphiques composées de schistes phylladiens sans fossiles, ainsi qu'aux terrains plutoniques ou primordiaux. C'est dans cette partie du département que se trouvent les plus hautes sommités, ainsi que les deux villes les plus élevées de ce même département, Saint-Pons et La Salvetat.

La dernière portion de l'Hérault, ou l'occidentale, la plus rapprochée et la plus voisine de l'Aude, est encore occupée, en partie du moins, par les formations primaires, accompagnées et même surmontées par les terrains tertiaires lacustres, dont le développement est considérable auprès de la Caunette, d'Aigues-Vives et d'Azillanet : c'est là que l'on exploite des mines de lignite abondantes et qui fournissent des combustibles d'une excellente qualité.

Si de ces vues d'ensemble on veut descendre dans les détails, on s'aperçoit bientôt que la complication succède à la simplicité, et que la constitution géologique de ce département, qui paraissait d'abord facile à saisir, devient extrêmement compliquée lorsqu'on veut en démêler tous les traits, ou du moins en comprendre les plus saillants.

DES

Minerais de Peroxyde de fer hydraté ou Limonite

DE L'HÉRAULT;

Par M. Marcel DE SERRES.

On exploite depuis peu de temps, dans les environs du village du Petit-Gallargues, près Montpellier, des minerais de fer hydraté qui présentent autant d'intérêt sous leurs rapports minéralogiques que sous ceux de leurs gisements. Ces considérations nous ont porté à aller visiter ces mines, et particulièrement celle de ce village la plus rapprochée de Montpellier. La limonite s'y trouve dans le néocomien supérieur surmonté par les terrains d'eau douce *eocène* dans la petite montagne nommée *Las Gardias*.

Nous avons visité ces mines avec M. de Rouville, qui prépare avec M. Dumas, de Sommières, la Carte géologique de l'Hérault, et qui met le plus grand intérêt à tout ce qui a quelques rapports avec la géologie de ce département.

Les minerais du Petit-Gallargues appartiennent le plus généralement à la variété de la limonite connue sous le nom d'hématite brune, quoiqu'elle se présente parfois, et sur les mêmes échantillons, sous la forme de concrétions d'un jaune assez prononcé. L'hématite brune est accompagnée par le sulfure de fer jaune, ainsi que par le carbonate de chaux compacte, ou imparfaitement cristallisée.

Quant au sulfate de chaux qui recouvre aussi ce minerai, il offre les formes cristallines désignées par Haüy sous les noms de trapézienne et d'uniquaternaire.

Quoique le Petit-Gallargues ne soit guère éloigné de Montpellier que d'environ cinq

lieues de quatre kilomètres, on traverse bien des terrains avant d'y arriver. D'abord, en sortant de Montpellier, les sables marins supérieurs ou *pliocène*, puis les calcaires quaternaires composés de deux étages, sur lesquels est bâti le village de Castelnau. On arrive ensuite dans l'oolithe supérieure, le calcaire oxfordien inférieur ou callovien qui entoure ou encadre en quelque sorte le terrain corallien ; c'est sur ce calcaire qu'est bâti le village du Crès, sur les bords du Salaison, auprès d'un petit lambeau dolomitique qui se rattache à la même formation.

Une fois que l'on a quitté les formations jurassiques, on entre dans les terrains tertiaires marins qui font partie du *miocène* supérieur, au-dessous duquel s'enfoncent les terrains néocomiens caractérisés par des spatangues. La disposition de ces terrains au-dessous des masses *miocènes* a lieu auprès du mont Regret et du village de Vendargues, bâti en partie sur le calcaire moellon ou méditerranéen, dont Montpellier tire presque tous ses matériaux de construction.

On distingue auprès du village, surtout vers la fin du plateau oxfordien qui se prolonge au Nord jusques auprès de Castries, les deux étages qui constituent dans nos environs le terrain *miocène*. Ces deux étages sont séparés l'un de l'autre par des marnes bleuâtres, analogues à celles que l'on voit le plus ordinairement à la base du système supérieur. Elles diffèrent par la plus grande épaisseur qu'affectent celles qui ne paraissent pas suivies par un autre étage. Nous disons *qui ne paraissent pas*, car il est fort possible que les marnes argileuses soient, dans certaines localités, trop épaisses pour permettre d'apercevoir sans sondages profonds le calcaire qu'elles recouvrent.

Quoi qu'il en soit, le système inférieur *miocène* prend un grand développement après Castries, il en compose à peu près tout le sol ; du moins ses matériaux s'étendent dans toutes les carrières dites de Saint-Geniez, d'où l'on tire les plus belles pierres employées dans les constructions de Montpellier. L'une de ces carrières, dites *des prés*, à cause de sa situation au milieu des prairies, est la plus fameuse, en raison des excellents matériaux qu'elle fournit et qui ont l'avantage de se tailler avec facilité ; aussi sont-ils très-recherchés des constructeurs.

Les mêmes matériaux se continuent à l'est de Castries, vers Fontmagne et Saint-Geniez, et sont surtout exploités avec avantage presque jusqu'au village de Sussargues, où l'on atteint bientôt les terrains crétacés néocomiens.

Les environs de ce village, dont la hauteur au-dessus de la mer est de 72 mètres, sont composés par le groupe néocomien inférieur. Ces terrains crétacés sont formés par des roches compactes d'une couleur jaunâtre et rarement par des carbonates de chaux bicolores. On y voit peu de fissures et de traces de petites couches, tant est grande leur compacité. Il en est de même de leurs nuances, à peu près constamment uniformes.

Les calcaires néocomiens, assez répandus dans toute la plaine qui s'étend de Sussargues à Saint-Hilaire, sont placés sur une légère hauteur, c'est-à-dire à 85 mètres au-dessus du niveau de la mer. Cette roche offre quelques coquilles fossiles, principalement des cépha-

lopodes. Nous y avons reconnu avec M. de Rouville : 1° Les *Nautilus neocomiensis* de d'Orbigny et *radiatus* de Sowerby ; 2° l'*Ammonites Renauxianus*, *Lalandianus* et l'*Ammonites astierianus* de d'Orbigny (pl. 28, pag. 115). Cette dernière espèce, décrite pour la première fois par d'Orbigny, est remarquable par l'analogie qu'elle présente avec l'*Ammonites calloviensis* de Sowerby figurée par d'Orbigny (pl. 162, fig. 10 et 11, tom. I, pag. 455, terrains jurassiques). Les rapports des deux espèces sont si grands que si l'on n'avait pas égard à la différence de leurs gisements, on pourrait très-bien les confondre.

Toutefois, ainsi que l'indiquent tous les observateurs, l'une de ces espèces, l'*Ammonites calloviensis* provient des terrains jurassiques ou de l'oxfordien inférieur, tandis que l'*Ammonites astierianus* est des terrains crétacés.

Heureusement de pareilles analogies s'offrent rarement ; car si elles avaient lieu souvent, elles rendraient la détermination des espèces très-difficile.

On jugera facilement de leur analogie en jetant les yeux sur les planches de d'Orbigny que nous avons citées. Cette similitude paraît encore plus extraordinaire lorsqu'on porte son attention sur les différences que présentent certaines espèces du même genre, telles par exemple que l'*Ammonites jason* des terrains jurassiques. Les différences qu'offre cette coquille, suivant l'âge et les individus qui en font partie, sont si grandes que d'Orbigny fait observer que ces ammonites varient on ne peut plus (tom. I, pag. 448).

Aussi, outre qu'elle a été rapportée à plusieurs espèces, elle a été décrite sous treize ou quatorze noms particuliers et considérée comme composant autant d'espèces distinctes et bien déterminées.

Au milieu de toutes ces dénominations, qui s'excluent mutuellement, d'Orbigny n'a conservé que celle d'*Ammonites jason*, nom le plus ancien de tous ceux qu'on lui a donnés.

Nous avons aperçu dans les mêmes calcaires néocomiens une ammonite dont les caractères diffèrent de toutes celles décrites par d'Orbigny. Elle nous a donc paru nouvelle, et nous lui avons donné le nom d'*Ammonites excavatus*, en raison de la grandeur de l'excavation de sa partie moyenne. Nous la caractériserons par la phrase suivante : *testa lœvigata grandi anfractibus convexis elevatisque, ultimo majore in medio profunde excavato, apertura magna longitudinalique, angulis obtusis.* Cette ammonite, qui n'a pas moins de 30 centimètres de diamètre, se distingue en outre par les dimensions considérables de son dernier tour, le plus large et le plus profond de tous ; sa hauteur n'est cependant que de cinq centimètres.

Du reste, le principal caractère de cette espèce est la grandeur et la profondeur de l'ombilic moyen, qui n'a pas moins du tiers du diamètre de la coquille. Il mesure, en effet, 10 centimètres, et se trouve caractérisé, sur sa portion élevée ou son bord intérieur, par des tubercules saillants et assez nombreux. Sous ce rapport, notre espèce a quelque analogie avec l'*Ammonites Mayorianus* de d'Orbigny (tom. I, pag. 267, pl. 79, terrains crétacés).

Les néocomiens inférieurs de la plaine de Sussargues et de Saint-Hilaire sont, en outre,

signalés par plusieurs mollusques acéphales ou lamellibranches. Ceux que nous y avons aperçus se rapportent à une espèce de pholadomye assez voisine de la ***Pholadomia Mailleana*** de d'Orbigny et de l'***Ostrea*** ou ***Gryphæa aquila***. Cette dernière est beaucoup plus abondante dans cette localité que la pholadomye qui l'accompagne.

Les mêmes terrains néocomiens se continuent jusqu'à la butte de Saint-Hilaire, où ils sont surmontés par les terrains d'eau douce. Ces formations lacustres sont composées par des calcaires caverneux très-déchiquetés et traversés dans tous les sens par de petites cavités et des canaux sinueux fort irrégulièrement disposés. Les plus grands, comme les plus larges de ces canaux, sont remplis de terre de couleur sombre, nuance qui tranche sur la couleur blanchâtre du calcaire. Cette nuance ne passe au rougeâtre que dans la partie où la roche est décomposée.

Les terrains lacustres des environs de Saint-Hilaire, et particulièrement ceux de la montagne du Petit-Gallargues, dans laquelle se trouve la mine de fer hématite brun, sont formés par trois petits groupes ou étages. L'inférieur est composé par le calcaire lacustre, dont nous venons de donner une idée : c'est celui où se trouve le minerai. Ce calcaire est surmonté par des marnes argileuses, assez chargées de carbonate de chaux pour faire effervescence avec les acides minéraux. Ces marnes, généralement rougeâtres, offrent aussi des nuances assez variées, parmi lesquelles dominent le violâtre, le jaunâtre et le brunâtre.

Des gompholites monogéniques ou poudingues calcaires surmontent ces marnes et sont avec elles en stratification concordante. Ces gompholites sont formées par un ciment calcaire empâtant de nombreux cailloux roulés qui, pour la plupart, appartiennent aux terrains néocomiens. Cette formation surmonte les autres dépôts et compose le sommet de la montagne de ***Las Gardias***, où l'on exploite le minerai de peroxyde de fer hydraté. Ce minerai s'y trouve disséminé dans des espèces de poches, ou composé de filons verticaux de 3 mètres d'épaisseur.

Le rendement du minerai est assez considérable et donne du bon fer. On l'exporte à Marseille et surtout à Alais (Gard), où on l'emploie dans la construction des rails des chemins de fer.

Quoique le minerai exploité auprès du Petit-Gallargues appartienne généralement à l'hématite brune, à poussière jaunâtre, il est quelquefois recouvert par le fer oligiste rougeâtre[1]. Quant aux petites cavités que le fer offre par intervalle dans sa masse, elles présentent un petit glacis peu épais d'oxyde de manganèse, d'un éclat aussi brillant que celui que l'on voit sur les minerais de Vic-d'Essos, de Fillols, ainsi que dans diverses localités de l'Ariége et des Pyrénées.

---

[1] La hauteur de la montagne de *Las Gardias* est de 107 mètres au-dessus du niveau de la Méditerranée; quant à celle du village du Petit-Gallargues, qui est en quelque sorte à ses pieds, elle est de 60 mètres seulement au-dessus du même niveau.

La densité du fer du Petit-Gallargues est plus grande que celle du carbonate de chaux ordinaire ; elle est représentée par les nombres 2,5 à 2,7, tandis que la pesanteur spécifique du fer est de 7,78.

La dureté de ce minerai est également plus grande que celle du carbonate de chaux ; aussi la raye-t-il fortement. Cette dernière a pour expression de cette propriété le chiffre 3,7, tandis que la dureté de la première s'exprime par 4,7.

Des Dépôts marins Coquilliers

QUI SE TROUVENT CONSTAMMENT DANS LES CANAUX DE CETTE ET DES ÉTANGS SALÉS QUI EN SONT RAPPROCHÉS;

Par M. Marcel DE SERRES.

Les corps organisés, végétaux ou animaux, sont susceptibles de se pétrifier dans les temps actuels, ou de se transformer en une nouvelle substance inorganique et de composer des masses plus ou moins considérables, en s'associant à des sables, des marnes et à des calcaires. Ces dépôts marins coquilliers ont aussi bien lieu dans l'Océan que dans la Méditerranée.

On sait que de pareilles pétrifications de certaines parties de végétaux, principalement de fruits ou de graines, s'opèrent tous les jours dans les lacs d'Écosse, comme elles ont eu lieu dans des circonstances analogues dans les temps géologiques. On sait également que l'on a rencontré du fer natif dans des bois pétrifiés qui avaient végété sur une île flottante du lac Ralongen en Smolande. Le gros tronc dans lequel on a trouvé le fer métallique portait avec lui des inscriptions qui indiquaient les époques antérieures où cette île flottante était visible.

Il est également certain que les poutres du pont de Trajan, construit sur le Danube, ont été entièrement silicifiées depuis l'époque de leur mise à l'eau.

Il en est de même de quelques portions solides des animaux invertébrés, telles que les coquilles et les tubes calcaires des annélides tubirolés. Il est toutefois étonnant, d'après ces faits, que jusqu'à présent on n'ait trouvé nulle part des os ou des dents de vertébrés, devenus plus pierreux qu'ils l'étaient dans l'état de vie des animaux auxquels ils avaient appartenu. Aucune de ces parties ne paraît s'être pétrifiée dans les temps actuels, quoique l'on en découvre parfois avec une solidité plus grande que dans leur état primitif.

Cette circonstance s'est uniquement présentée chez les dépouilles solides des mollusques et des annélides. Les espèces qui en sont susceptibles et que l'on découvre dans les

eaux salées des canaux de Cette, sont en petit nombre, surtout lorsqu'on les compare à celles qui se pétrifient dans le sein des mers actuelles, et qui y forment de véritables grès coquilliers analogues à ceux des terrains tertiaires.

D'après des titres découverts par un des notaires les plus distingués de Cette dans les archives de la ville, on aurait fait des fouilles dans les mêmes canaux en 1784, mais on ne les aurait pas prolongées au-dessous de la couche coquillière, qui appartient aux terrains récents supérieurs.

Les coquilles de ces formations se rapportent à un petit nombre de genres, dont les plus abondants sont les *pectunculus*, les *cardium*, les *pecten*, et à peine à quelques gastéropodes. Les mêmes genres se représentent en Algérie dans de pareils amas que l'on aperçoit sur la route d'Oran à Mers-el-Kébir; seulement les gastéropodes y sont en plus grand nombre qu'en France. On n'en voit guère d'exemples à Cette, tandis que l'on en aperçoit cinq à six bien distincts dans les dépôts marins coquilliers de l'Afrique aussi bien que dans les fragments que la Méditerranée rejette sur ses rivages.

Ces amas de coquillages sont aussi étendus que puissants dans l'une et dans l'autre localité, toutefois avec cette différence, que les coquilles de l'Algérie, complètement pétrifiées, ont une structure particulière toute autre que celle qu'elles avaient dans leur état de vie. Elles sont en même temps d'une blancheur éblouissante, blancheur qui caractérise non-seulement les coquilles transformées en calcaire nouveau, mais le ciment qui les unit et en compose une masse commune.

Ce ciment est à peu près uniquement formé de carbonate de chaux cristallin, tandis qu'il n'en est pas ainsi de celui qui réunit les sables, les marnes et les calcaires dans lesquels sont noyées les coquilles de notre époque. L'analyse prouve que ce dernier ciment a beaucoup d'analogie, par ses qualités et ses propriétés physiques, avec l'argile. Cette sorte de gluten minéral présente un certain rapport avec le ciment romain.

Avant d'entrer dans les détails de la description de la formation calcaire coquillière de Cette, il est nécessaire de donner une idée de son étendue et de son importance. Cette formation n'a guère été observée en grande masse que dans les canaux de la ville qui avaient besoin d'être réparés et creusés plus profondément; elle n'est pas cependant bornée à ces canaux, car il s'en produit peut-être de plus considérables encore dans l'étang de Thau, le plus grand amas d'eau salée qui existe dans cette partie des côtes de la Méditerranée. Les fouilles qui y ont eu lieu à des intervalles plus ou moins éloignés, ont démontré que presque partout de pareils dépôts se sont opérés aussi bien que dans les différents canaux qui traversent dans tant de sens différents la ville de Cette.

La partie du canal où l'on a découvert ces formations coquillières modernes s'étend, depuis le dernier pont tournant jusqu'au chemin de fer de Bordeaux, sur une longueur de 1 075 mètres, à laquelle il faut ajouter 450 mètres, point où le canal de Cette se perd dans l'étang de Thau ; ce qui donne pour l'étendue totale de cette partie 1 525 mètres.

Les mêmes dépôts coquilliers occupent dans le canal maritime une longueur de 850

mètres, lequel communique avec le canal-bassin dont la direction, complètement différente de celle des deux premiers, est de l'Est à l'Ouest ; ces dépôts y occupent une longueur de 665 mètres. Il en résulte que l'étendue totale des canaux dans lesquels on a jusqu'à présent reconnu la présence des dépôts coquilliers solides, n'est pas moins de 3 040 mètres.

Cette étendue sera bientôt dépassée, à raison de l'activité que les habiles ingénieurs qui dirigent les travaux du port de Cette mettent dans les ouvrages de creusement qu'ils font opérer sous leurs yeux. Elle se continue également dans le canal de la Peyrade, sorte de prolongement du canal maritime, mais dont la direction est tout à fait opposée, et qui n'est du reste éloigné de celui de la ville que d'environ 50 mètres.

Les formations marines de Cette et de ses environs sont tout à fait semblables aux dépôts coquilliers des temps géologiques. Leur uniformité ne peut guère nous surprendre, puisqu'elles dérivent des mêmes eaux et qu'elles sont produites par les mêmes genres de matériaux. Ces matériaux ont cela de particulier, de prendre promptement à l'air une pureté et une solidité presque égales aux dépôts coquilliers tertiaires. Dans tous les cas, ces formations n'occupent pas moins de 360,000 mètres carrés de surface, chiffre qui résulte des fouilles faites jusqu'à présent.

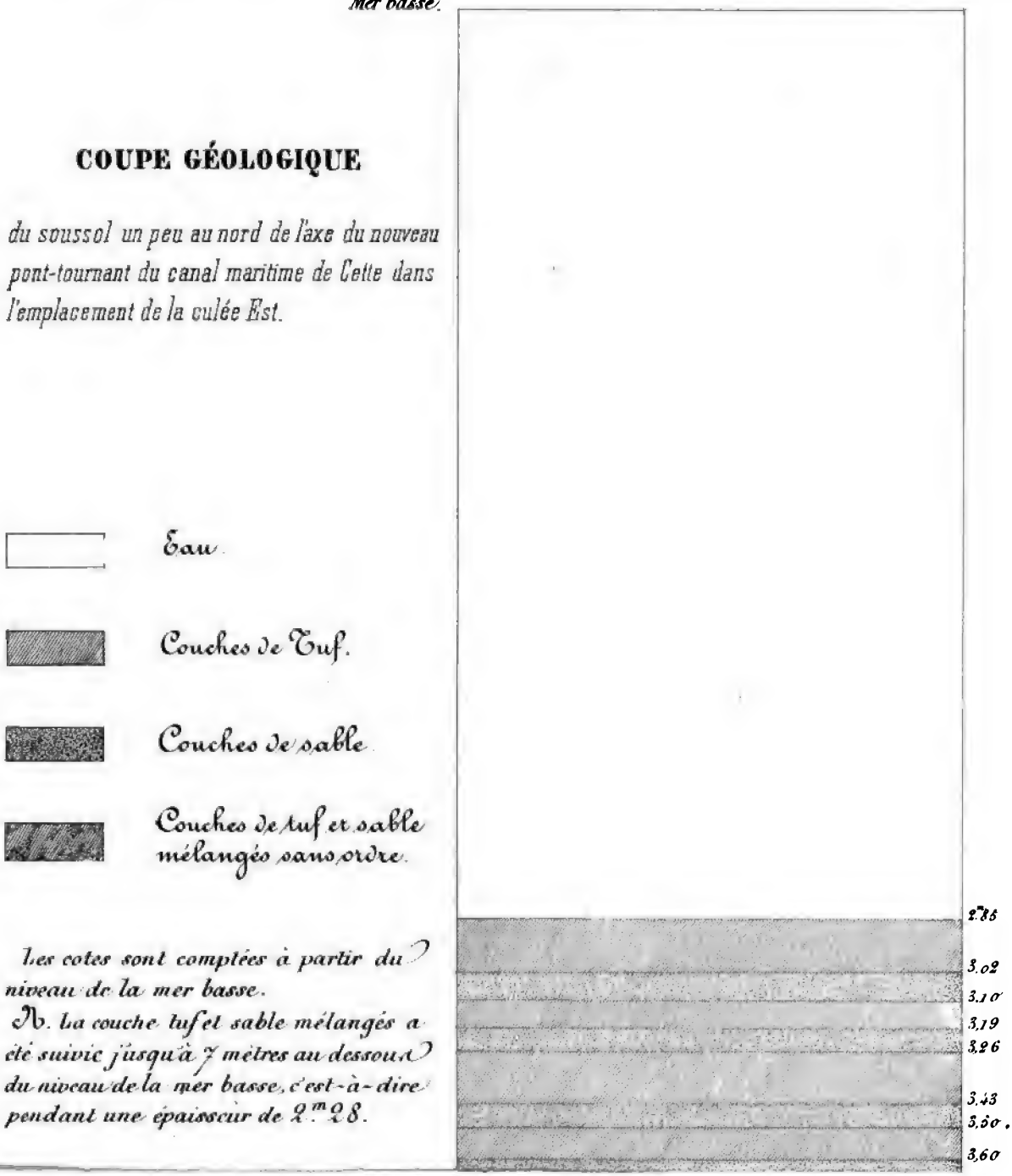
On les rencontre à une profondeur de 4 mètres au-dessous du niveau des basses eaux ; leur épaisseur, quoique variable, peut toutefois être évaluée à 0m,60 ou 0m,70 ; mais comme ces formations sont composées de plusieurs couches qui présentent de nombreuses solutions de continuité, elles n'ont guère plus de 0m,05 à 0m,10 de puissance, mesurée de bas en haut. On remarque généralement que les couches supérieures sont plus épaisses et plus distinctes que les inférieures, quoique celles-ci soient pour la plupart plus compactes.

Du reste, un bloc de calcaire coquillier déposé près de l'écluse du mas Coulet et retiré du canal de la Peyrade, accuse une formation beaucoup plus pierreuse et plus solide que celle que l'on observe dans les canaux de la ville. Ce bloc a une épaisseur moyenne de 0m,50 à 0m,60. Cependant l'écluse du mas Coulet n'est guère qu'à une distance de 650 mètres du canal de Cette ; du reste, on observe ailleurs des faits analogues à celui que nous venons de signaler, et qui prouvent qu'ils sont plus généraux qu'on ne l'avait supposé à l'origine des travaux.

Je remercie M. l'ingénieur en chef Régy et M. l'ingénieur Salva, pour l'extrême complaisance avec laquelle ils ont bien voulu mettre à ma disposition des matériaux aussi précieux ; l'intérêt scientifique du travail auquel ils se livrent actuellement, n'est égalé que par son importance au point de vue des intérêts plus généraux de la navigation.

COUPE GÉOLOGIQUE

du soussol un peu au nord de l'axe du nouveau pont-tournant du canal maritime de Cette dans l'emplacement de la culée Est.



Les cotes sont comptées à partir du niveau de la mer basse.

N. La couche tuf et sable mélangés a été suivie jusqu'à 7 mètres au dessous du niveau de la mer basse, c'est-à-dire pendant une épaisseur de 2.m 28.

CALCUL DE L'INÉGALITÉ

A LONGUE PÉRIODE

DU MOYEN MOUVEMENT DE VÉNUS;

Par M. BERGER.

Cauchy a donné, pour le développement de la fonction perturbatrice dans la théorie des mouvements planétaires, une méthode fort remarquable, principalement en ce qui concerne le calcul des perturbations d'un ordre élevé. Cette méthode fait l'objet de plusieurs notes disséminées dans les Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences (années 1844, 1845). Mais ces notes ont besoin de commentaires, et Cauchy se borne au développement de la partie principale de la fonction perturbatrice.

Dans une des séances de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier (juillet 1862), nous avons présenté un Mémoire où la méthode de Cauchy est exposée avec les éclaircissements et les développements que nous avons jugés nécessaires. Le défaut d'espace nous oblige à différer l'insertion de ce Mémoire; nous nous bornerons aujourd'hui à donner l'application de la méthode de Cauchy au calcul de l'inégalité à longue période du moyen mouvement de Vénus sous l'action perturbatrice de la Terre. Cette inégalité a été remarquée pour la première fois par l'astronome Airy.

§ I.

Rappelons d'abord quelques notations et formules:

(1)
$$\begin{cases} r \text{ distance mutuelle de deux planètes.} \\ rr' \text{ leurs distances au Soleil.} \\ \delta \text{ leur distance apparente vue du Soleil.} \\ vv' \text{ les anomalies vraies.} \\ TT' \text{ les anomalies moyennes.} \\ \psi\psi' \text{ les anomalies excentriques.} \\ pp' \text{ les distances des périhélies à l'intersection des orbites.} \\ I \text{ l'inclinaison mutuelle des orbites.} \\ aa' \text{ les demi-grands axes des orbites elliptiques.} \\ \varepsilon\varepsilon' \text{ les excentricités.} \end{cases}$$

(2)
$$\begin{cases} f = \sqrt{1-\varepsilon^2}, & f' = \sqrt{1-\varepsilon'^2} \\ \mu = \cos^2\tfrac{1}{2} I, & \mu' = \sin^2\tfrac{1}{2} I \\ d = p' - p, & d' = p' + p \end{cases}$$

(3)
$$\begin{cases} M = \mu\cos d + \mu'\cos d' & N = \mu\sin d + \mu'\sin d' \\ M' = \mu\cos d - \mu'\cos d' & N' = \mu\sin d - \mu'\sin d' \end{cases}$$

(4)
$$\begin{cases} h = a^2(1+\tfrac{1}{2}\varepsilon^2) + a'^2(1+\tfrac{1}{2}\varepsilon'^2) - 2Maa'\varepsilon\varepsilon' \\ k\cos\alpha = -aa'(M + M'ff'), & k\sin\alpha = -aa'(N'f + Nf') \\ c\cos\gamma = -aa'(M - M'ff'), & c\sin\gamma = -aa'(N'f - Nf') \\ b\cos\beta = 2(a^2\varepsilon - Maa'\varepsilon\varepsilon'), & b\sin\beta = -2N'aa'f\varepsilon' \\ b'\cos\beta' = 2(a'^2\varepsilon' - Maa'\varepsilon), & b'\sin\beta' = 2Naa'f'\varepsilon \\ i = \tfrac{1}{2}a^2\varepsilon^2, & i' = \tfrac{1}{2}a'^2\varepsilon'^2 \end{cases}$$

(5)
$$\begin{cases} H = h - b\cos(\psi-\beta) + i\cos 2\psi \\ K\cos\omega = k\cos(\psi-\alpha) + c\cos(\psi-\gamma) - b'\cos\beta' \\ K\sin\omega = k\sin(\psi-\alpha) - c\sin(\psi-\gamma) - b'\sin\beta' \end{cases}$$

$$(6)\quad \begin{cases} \theta = \operatorname{tang}\left(\frac{1}{2}\arcsin\frac{K}{H}\right) \\ \rho = \theta,\ \rho' = 0,\ \varphi = \pi + \omega,\ S = \sqrt{\frac{2\theta}{K}} \end{cases}$$

$$(7)\quad \begin{cases} A = \frac{i'}{K}\,\frac{\theta^{-2}}{\theta^{-1} - \theta}, \quad B = A\theta^4 \\ A_1 = -(A + B), \quad A_2 = A - B \\ A_2 \sin 2\omega = r\sin\lambda, \quad 1 + A_1\cos 2\omega = r\cos\lambda \\ \rho = \theta r, \quad \varphi = \pi + \omega + \lambda \end{cases}$$

$$(8)\quad \begin{cases} \xi = \rho\, e^{-1\ \varphi\sqrt{-1}} \\ A_{n'} = S\,(\tfrac{1}{2})_{n'} \\ \times \xi^{-n'}\,(1-\rho^2)^{-\frac{1}{2}}\, e^{-\frac{1}{4n'}\frac{\rho^2}{1-\rho^2} + n'\frac{\varepsilon'}{2}(\xi-\xi^{-1}) - \frac{\varepsilon'}{4}(\xi+\xi^{-1})} \end{cases}$$

$$(9)\quad A_{n'-n} = \frac{1}{k}\,\Sigma.\, A_{n'}\, e^{n\mathrm{T}\sqrt{-1}}\,(1 - \varepsilon\cos\psi)$$

$A_{n'}$ est le coefficient de $e^{n'\mathrm{T}'\sqrt{-1}}$ dans le développement de la fonction perturbatrice R suivant les puissances de $e^{\mathrm{T}'\sqrt{-1}}$; $A_{n'-n}$ le coefficient de $e^{(n'\mathrm{T}'-n\mathrm{T})\sqrt{-1}}$ dans le développement de R en série double ordinaire suivant les puissances de $e^{\mathrm{T}\sqrt{-1}}$, $e^{\mathrm{T}'\sqrt{-1}}$.

R pourra être réduit à $\frac{1}{r}$ dans les perturbations d'un ordre élevé.

En représentant par t le temps, par n la vitesse angulaire du moyen mouvement par unité de temps, la variation $\delta\zeta$ de l'angle nt du moyen mouvement d'une planète de masse m est donnée par la formule

$$(10)\qquad \delta\zeta = -\frac{3an^2m'}{\mu}\int\int\frac{dR}{da}\,dt^2$$

m' masse de la planète perturbatrice

$\mu = 1 + m$

ε longitude moyenne à l'origine du temps.

Comme on a

$$T = nt + \varepsilon - p$$

et que ε entre dans R par la fonction T, on peut remplacer dans (10) $\frac{pR}{d\varepsilon}$ par $\frac{dR}{dT}$.

Telles sont les notations et formules dont nous aurons besoin.

On remarque que 13 fois le moyen mouvement de la Terre moins 8 fois celui de Vénus donnent une différence très-petite. Si on représente par n' le moyen mouvement de la Terre, par n celui de Vénus, la double intégration de la formule (10) amènera au dénominateur l'expression $13n' - 8n$, lorsqu'on considérera les termes du développement de R correspondant à l'argument $13T' - 8T$, ou $-13T' + 8T$; les autres termes de R à indices élevés ne donneront rien de sensible, de sorte que la valeur de $\delta\zeta$ sera appréciable pour les termes de R dont l'argument sera $\pm 13T' \mp 8T$. C'est cette valeur de $\delta\zeta$ qu'on appelle l'inégalité à longue période du moyen mouvement de Vénus sous l'action perturbatrice de la Terre, et que nous nous proposons de calculer.

Dans la formule (10) a est le demi-grand axe de l'orbite de Vénus, n le moyen mouvement de Vénus, m' la masse de la Terre, $T = nt + \varepsilon - p$ est l'anomalie moyenne de Vénus.

En développant $R = \frac{1}{r}$ suivant les puissances de $e^{T\sqrt{-1}}$, $e^{T'\sqrt{-1}}$ et en appelant $A_{13'-8}$ le coefficient de $e^{(13T'-8T)\sqrt{-1}}$ on aura

$$A_{13'-8} = \alpha + \beta\sqrt{-1}$$
$$A_{-13'+8} = \alpha - \beta\sqrt{-1};$$

d'où, en représentant $13T' - 8T$ par θ,

$$A_{13'-8}\, e^{\theta\sqrt{-1}} + A_{-13'+8}\, e^{-\theta\sqrt{-1}} = 2\alpha\cos\theta - 2\beta\sin\theta.$$

Posons

$$A = 2\alpha, \qquad B = -2\beta$$

R pour le calcul de $\delta\zeta$ se réduira à

$$R = A\cos\theta + B\sin\theta. \tag{11}$$

On voit donc que pour avoir $\delta\zeta$, il suffit de calculer

$$A_{13'-8} = \alpha + \beta\sqrt{-1}.$$

En remplaçant dans (10) R par sa valeur (11), et remarquant que le facteur de t dans $13T' - 8T$ est $13n' - 8n$, on aura

$$\delta\zeta = \frac{24an^2m'}{\mu(13n' - 8n)^2}\left\{A\sin\theta - B\cos\theta\right\}; \tag{12}$$

on voit comment le dénominateur $(13n' - 8n)^2$ rend cette inégalité sensible.

C'est cette formule (12) que nous allons appliquer. Il faut remarquer que dans cette formule $\delta\zeta$ est une longueur ; pour avoir $\delta\zeta$ en secondes, il faudra diviser le second membre par sin 1″. Une fois la division effectuée, on aura

$$\delta\zeta = M\sin\theta + N\cos\theta;$$

d'où, en posant

$$\gamma\sin\lambda = N, \qquad \gamma\cos\lambda = M,$$

$$\delta\zeta = \gamma\sin(\lambda + \theta). \tag{13}$$

λ est un angle fixe et θ dépend de t; le facteur de t dans θ est $13n' - 8n$; de sorte que

$$\sin(\lambda + \theta) = \sin[h + (13n' - 8n)t].$$

$\delta\zeta$ est donc périodique et le temps de la période est $\frac{2\pi}{13n' - 8n}$, temps très-long. Voilà pourquoi cette inégalité est dite à longue période.

Une fois qu'on aura la formule 13, c'est-à-dire quand on aura calculé l'inégalité du moyen mouvement de Vénus sous l'action de la Terre, on pourra aisément calculer l'inégalité du moyen mouvement de la Terre sous

l'action de Vénus. En conservant les mêmes notations, il faudra appliquer la formule (10), qui deviendra

$$(14) \qquad \delta\zeta' = \frac{-3a'n'^2m}{\mu'}\int\int \frac{dR}{dT'}\,dt^2.$$

En remplaçant R par sa valeur (11), on aura

$$(15) \qquad \delta\zeta' = \frac{39a'n'^2m}{\mu'(13n'-8n)^2}(-A\sin\theta + B\cos\theta);$$

$$\delta\zeta' = M'\sin\theta + N'\cos\theta$$

d'où, en posant

$$\gamma'\sin\lambda' = N', \qquad \gamma'\cos\lambda' = M',$$

$$(16) \qquad \delta\zeta' = \gamma'\sin(\lambda' + \theta).$$

Ainsi, pour avoir les deux inégalités de Vénus et de la Terre, il suffit de développer $\frac{1}{r}$ suivant les puissances de $e^{T\sqrt{-1}}$, $e^{T'\sqrt{-1}}$ et de calculer le coefficient de $e^{(13T'-8T)\sqrt{-1}}$.

Si l'on applique la formule (9), k s'étendra aux racines de $x^k = 1$, $x = e^{\psi\sqrt{-1}}$.

En appelant Υ l'erreur que l'on veut commettre sur $A_{n'-n}$, on aura

$$k - n = \frac{\log(\Upsilon^{-1}\,\Lambda)}{\log(\rho_1^{-1})} - \tfrac{1}{2}\frac{\log(k-n)}{\log(\rho_1^{-1})}$$

$$\Lambda = \frac{S'}{\sqrt{\pi(1-\rho_1^2)}}\,e^{-\frac{\varepsilon}{2}\left\{\frac{1+n}{\rho_1} + (1-n)\rho_1\right\}\cos\varphi_1}$$

$$\rho_1 = \theta'; \quad \theta' = \operatorname{tang}\tfrac{1}{2}\arcsin\frac{K'}{H'}; \quad \frac{K'}{H'} = \frac{k+b}{h+b'}; \quad \varphi_1 = \beta; \quad S' = \sqrt{\frac{2\theta'}{K'}}$$

D'après les nombres qui seront donnés plus loin[1]

---

[1] *Tous les logarithmes négatifs ont été augmentés de 10.*

$$\rho_1 = 9{,}85273, \qquad S' = 9{,}99417, \qquad \cos\varphi_1 = -9{,}8842;$$

d'ailleurs $\quad n' = 13, \qquad n = 8$

l'exposant de e est 8,3013, et on aura

$$\Lambda = 9{,}9081.$$

Si l'on veut calculer $\delta\zeta$ à 0″,1 près, comme le facteur de $\delta\zeta$, form. (12), divisé par sin 1″ vaut 6,1821, Υ étant l'erreur commise sur $A_{n'-n}$, on aura

$$(6{,}1821)\,(0{,}3011)\,\Upsilon < 0{,}1.$$

0,3010 désigne le log de 2, d'où

$$\Upsilon^{-1} > 7{,}4831, \qquad \Upsilon^{-1}\,\Lambda = 7{,}3912.$$

On a substitué aux nombres leurs logarithmes; on a alors sensiblement l'équation

$$k - n = 50 - \frac{\log(k-n)}{0{,}2946};$$

d'où approximativement $\qquad k - n = 45, \; k = 53;$

il faudrait donc résoudre l'équation

$$x^{53} = 1.$$

Si, au contraire, on applique la formule analogue à (9)

$$A_{n'-n} = \frac{1}{k'}\,\Sigma A_{-n}\, e^{-n'T'\sqrt{-1}}\,(1 - \varepsilon'\cos\psi')$$

k' s'étendant aux diverses racines de $y^{k'} = 1$, $y = e^{\psi'\sqrt{-1}}$, en appelant Υ l'erreur que l'on veut commettre sur $A_{n'-n}$, on aura

$$k' - n' = \frac{\log(\Upsilon^{-1}\Lambda)}{\log(\rho^{-1})} - \tfrac{1}{2}\frac{\log(k'-n')}{\log(\rho^{-1})}$$

$$\Lambda = \frac{S}{\sqrt{\pi(1-\rho^2)}}\, e^{\frac{\varepsilon'}{2}\left(n'\rho - \frac{n'}{\rho} - \rho - \frac{1}{\rho}\right)\cos\varphi}$$

$$\rho = \theta; \; \theta = \operatorname{tang}\tfrac{1}{2}\arcsin\frac{K}{H}; \; \frac{K}{H} = \frac{k+b'}{h+b}; \; \varphi = \beta'; \; S = \sqrt{\frac{2\theta}{K}}.$$

D'après les nombres qui seront donnés plus loin

$$\rho = 9{,}8656\,;\quad \frac{S}{\sqrt{\pi(1-\rho^2)}} = 9{,}9190\,;\quad \cos\varphi = 9{,}9921.$$

L'exposant de e est $-8{,}9271$, et on aura

$$\Lambda = 9{,}8823, \qquad \Upsilon^{-1}\Lambda = 7{,}3653$$

$$k' - n' = 54 - \frac{\log(k'-n')}{0{,}2688}\,;$$

d'où

$$k' - n' = 48, \qquad k' = 61.$$

Il faudrait donc résoudre l'équation

$$y^{61} = 1.$$

Il sera plus avantageux de résoudre l'équation $x^{55} = 1$; et comme le sous-multiple de 360 voisin de 55 est 45, on résoudra l'équation $x^{45} = 1$.

Il faudra donc dans le calcul de $A_{n'-n}$ prendre 45 valeurs de ψ répondant à $x^{45} = 1$, ce qui donnera

$$\psi = 0, \quad \psi = 8, \quad \psi = 16, \text{ etc.}$$

§ II.

Nous allons donc appliquer la formule (9)

$$k = 45, \quad n' = 13, \quad n = 8, \quad T = \psi - \varepsilon \sin\psi.$$

En employant les notations (1) (2), on trouve dans le tome II des *Annales de l'Observatoire*:

$$\varepsilon = 7{,}8346368 \qquad \varepsilon' = 8{,}2245450$$
$$a = 9{,}8593378 \qquad a' = 0{,}0000000$$
$$I = 3^\circ\,23'\,30'',75$$

$$p = 54^\circ\,4'\,51'',85 \qquad p' = 25^\circ\,2'\,35'',85\,;$$

d'où $\quad d = 330^\circ\,57'\,44'' \qquad d' = 79^\circ\,7'\,27'',\ 7.$

On déduit de ces nombres

$$f = 9{,}9999899 \qquad f' = 9{,}9999389$$
$$\mu = 9{,}9996195 \qquad \mu' = 6{,}9424477$$
$$\cos d = 9{,}9416604 \qquad \sin d = -9{,}6860874$$
$$\cos d' = 9{,}2757211 \qquad \sin d' = 9{,}9921288$$

On a en outre

$$m' = 4{,}4498500 \qquad m = 4{,}3959592$$
$$n = 6{,}3235906 \qquad n' = 6{,}1125974$$
$$8n - 13n' = 3{,}7344742.$$

On peut maintenant calculer les nombres des formules (3) (4). Nous calculerons ces nombres et tous ceux qui s'obtiendront par voie d'addition et de soustraction à l'aide des tables d'addition et de soustraction de Zech.

Voici un type de calcul. On a

$$M = \mu \cos d + \mu' \cos d', \quad M' = \mu \cos d - \mu' \cos d'$$

$$\begin{aligned} \text{Diff.} &= 3{,}7231111 \\ \log \mu' \cos d' &= 6{,}2181688 \\ \log \mu \cos d &= 9{,}9412799 \\ \log \text{add} &= 0{,}0000822 \\ \log \text{sous} &= 0{,}0000822 \\ \log \text{M} &= 9{,}9413621 \\ \log \text{M}' &= 9{,}9411977 \end{aligned}$$

On trouve ainsi

$$h = 0{,}1827620$$
$$k = 0{,}1599519 \qquad c = 7{,}12597$$
$$\alpha = 150^\circ\,57'\,44'' \qquad \gamma = 104^\circ\,55'\,46''$$
$$b = 8{,}2633115 \qquad b' = 8{,}4041381$$
$$\beta = 139^\circ\,59'\,59'',9 \qquad \beta' = 349^\circ\,7'\,25'',85$$
$$i = 5{,}0869192 \qquad i' = 6{,}1480600$$

Maintenant qu'on a les nombres fondamentaux, on peut calculer pour les 45 valeurs de ψ les nombres H, K, ω, des formules (5). Nous désignerons les valeurs de ψ 0°, 8°, etc., par les numéros 0, 1, 2, etc.

Toutes les valeurs de H sont renfermées dans le Tableau ci-après :

Tableau des valeurs de H des Formules (5).

N°	H	N°	H	N°	H
0	0,1867519	15	0,1778194	30	0,1836670
1	0,1862495	16	0,1776171	31	0,1843721
2	0,1856785	17	0,1775152	32	0,1850446
3	0,1850500	18	0,1775162	33	0,1856722
4	0,1843761	19	0,1776199	34	0,1862426
5	0,1836694	20	0,1778239	35	0,1867451
6	0,1829440	21	0,1781244	36	0,1871702
7	0,1822138	22	0,1785145	37	0,1875096
8	0,1814931	23	0,1789883	38	0,1877572
9	0,1807962	24	0,1795345	39	0,1879081
10	0,1801367	25	0,1801427	40	0,1879594
11	0,1795278	26	0,1808010	41	0,1879100
12	0,1789815	27	0,1814964	42	0,1877608
13	0,1785080	28	0,1822152	43	0,1875147
14	0,1781188	29	0,1829435	44	0,1871763

Les valeurs de K et ω sont renfermées dans les Tableaux ci-après. ω a a été calculé en grades à l'aide des tables de Borda, à causes des multiplications auxquelles cet angle doit être soumis.

Tableaux des valeurs de K et ω des Formules (5).

N°	K	N°	K	N°	K
0	0,1656925	15	0,1531334	30	0,1610450
1	0,1648722	16	0,1528453	31	0,1621568
2	0,1639654	17	0,1526748	32	0,1632334
3	0,1629950	18	0,1526264	33	0,1642484
4	0,1619830	19	0,1527042	34	0,1651765
5	0,1609506	20	0,1529107	35	0,1659949
6	0,1599179	21	0,1532470	36	0,1666833
7	0,1589045	22	0,1537123	37	0,1672250
8	0,1579269	23	0,1543031	38	0,1676071
9	0,1570007	24	0,1550143	39	0,1678215
10	0,1561385	25	0,1558358	40	0,1678645
11	0,1553519	26	0,1567543	41	0,1677373
12	0,1546501	27	0,1577556	42	0,1674439
13	0,1540420	28	0,1588191	43	0,1669967
14	0,1535343	29	0,1599238	44	0,1664074

N°	ω	N°	ω	N°	ω
	g		g		g
0	231,500772	15	365,224123	30	100,069197
1	240,283326	16	374,248562	31	108,927856
2	249,085084	17	383,277842	32	117,762307
3	257,907380	18	392,310061	33	126,573408
4	266,750811	19	1,343215	34	135,362768
5	275,615534	20	10,375089	35	144,132540
6	284,501233	21	19,403306	36	152,885453
7	293,407212	22	28,425342	37	161,624753
8	302,332397	23	37,438555	38	170,354000
9	311,275511	24	46,440160	39	179,077054
10	320,235100	25	55,427462	40	187,797900
11	329,209610	26	64,397980	41	196,520498
12	338,197394	27	73,349185	42	205,248680
13	347,196854	28	82,279109	43	213,986019
14	356,206353	29	91,186132	44	222,735768

Nous pouvons maintenant calculer les nombres θ et S des formules (6).

Pour calculer les nombres ρ et φ des formules (7), on calculera A, A_1, A_2, à l'aide des logarithmes d'addition et de soustration, par suite $A_1 \cos 2\omega$, $A_2 \sin 2\omega$. Comme jusqu'à $\lambda = 5'$ on ne peut prendre $\cos\lambda = 1$, on aura $1 + A_1 \cos 2\omega = r$. Alors, si $A_1 \cos 2\omega$ est positif, le logarithme additif de $(A_1 \cos 2\omega)^{-1}$ est le logarithme de r; si $A_1 \cos 2\omega$ est négatif, le logarithme soustractif de $(A_1 \cos 2\omega)^{-1}$ est le logarithme de $\frac{1}{r}$, c'est-à-dire que ce logarithme changé de signe est le logarithme de r. En retranchant le logarithme r de celui de $A_2 \sin 2\omega$, on a le logarithme de $\sin\lambda$; en divisant $\sin\lambda$ par la longueur du grade, c'est-à-dire en ajoutant à $\log\sin\lambda$ le nombre 1,80388|, on a le logarithme de λ traduit en grades; par suite, en retournant aux nombres, on a λ exprimé en grades.

En voici un exemple :

N° 44.

ω	$= 222^g,735768$	$A_2 \sin 2\omega$	$= 6,11973$
$A_1 \cos 2\omega$	$= -6,43858$		$1,80388$
	$3,56142$		$7,92361$
log sous	$0,0001192 = \frac{1}{r}$		12
θ	$9,8646155$		$7,92373$
		λ	$= 0^g,008389$
ρ	$= 9,8644963$	φ	$= 22^g,744157$

Tous ces nombres sont renfermés dans les Tableaux ci-après :

Tableau des valeurs de θ et S des Formules (6).

N°	θ	N°	θ	N°	θ
0	9,8636566	15	9,8521785	30	9,8586038
1	9,8626148	16	9,8519165	31	9,8599026
2	9,8615215	17	9,8517077	32	9,8612045
3	9,8604173	18	9,8515576	33	9,8624622
4	9,8593337	19	9,8514792	34	9,8636348
5	9,8582968	20	9,8514865	35	9,8646769
6	9,8573253	21	9,8515956	36	9,8655522
7	9,8564350	22	9,8518241	37	9,8662285
8	9,8556320	23	9,8521815	38	9,8666791
9	9,8549183	24	9,8526846	39	9,8668925
10	9,8542901	25	9,8533388	40	9,8668642
11	9,8537417	26	9,8541408	41	9,8666032
12	9,8532637	27	9,8550875	42	9,8661195
13	9,8528506	28	9,8561629	43	9,8654488
14	9,8524881	29	9,8573451	44	9,8646155

N°	S	N°	S	N°	S
0	9,9994971	15	0,0000375	30	9,9992944
1	9,9993863	16	0,0000506	31	9,9993879
2	9,9992930	17	0,0000314	32	9,9995005
3	9,9992261	18	9,9999806	33	9,9996219
4	9,9991903	19	9,9999025	34	9,9997441
5	9,9991881	20	9,9998029	35	9,9998560
6	9,9992187	21	9,9996893	36	9,9999494
7	9,9992802	22	9,9995709	37	0,0000167
8	9,9993675	23	9,9994542	38	0,0000510
9	9,9994738	24	9,9993501	39	0,0000505
10	9,9995908	25	9,9992665	40	0,0000148
11	9,9997099	26	9,9992082	41	9,9999479
12	9,9998218	27	9,9991809	42	9,9998528
13	9,9999193	28	9,9991869	43	9,9997410
14	9,9999919	29	9,9992256	44	9,9996190

Tableaux des valeurs de ρ et φ des Formules (7).

N°	ρ	N°	ρ	N°	ρ
0	9,8635702	15	9,8521078	30	9,8587589
1	9,8625677	16	9,8518106	31	9,8600522
2	9,8615170	17	9,8515750	32	9,8613371
3	9,8604556	18	9,8514088	33	9,8625675
4	9,8594117	19	9,8513261	34	9,8637047
5	9,8584084	20	9,8513414	35	9,8647059
6	9,8574619	21	9,8514701	36	9,8655379
7	9,8565860	22	9,8517281	37	9,8661718
8	9,8557857	23	9,8521226	38	9,8665841
9	9,8550626	24	9,8526675	39	9,8667655
10	9,8544139	25	9,8533648	40	9,8667166
11	9,8538351	26	9,8542079	41	9,8664452
12	9,8533194	27	9,8551905	42	9,8659630
13	9,8528641	28	9,8562938	43	9,8653056
14	9,8524583	29	9,8574938	44	9,8644963

N°	φ	N°	φ	N°	φ
	g		g		g
0	31,811501	15	165,212295	30	300,069169
1	40,295600	16	174,238913	31	308,924266
2	49,097982	17	183,271150	32	317,755463
3	57,919899	18	192,306868	33	326,563859
4	66,762035	19	201,343778	34	335,351256
5	75,624561	20	210,379360	35	344,119943
6	84,507344	21	219,410936	36	352,872718
7	93,409906	22	228,435709	37	361,612828
8	102,331435	23	237,450820	38	370,343766
9	111,270942	24	246,453336	39	379,069267
10	120,227260	25	255,440496	40	387,793133
11	129,199100	26	264,409842	41	396,519107
12	138,185034	27	273,358951	42	5,250775
13	147,183620	28	282,286033	43	13,991457
14	156,193299	29	291,189702	44	22,744157

Nous pouvons maintenant calculer les valeurs de $A_{n'}$ form. (8), $n' = 13$.
On a

$$\xi - \xi^{-1} = \cos\varphi\,(\rho^{-1} - \rho) + \sqrt{-1}\,\sin\varphi\,(\rho^{-1} + \rho)$$
$$\xi + \xi^{-1} = \cos\varphi\,(\rho^{-1} + \rho) + \sqrt{-1}\,\sin\varphi\,(\rho^{-1} - \rho)$$

Posons

$$\rho^{-1} - \rho = \delta, \qquad \rho^{-1} + \rho = \sigma$$
$$26\delta - \sigma = \Delta, \qquad 26\sigma - \delta = \Sigma$$

L'exposant de e dans $A_{n'}$ sera

$$-\frac{1}{52}\frac{\rho^2}{1-\rho^2} + \frac{\varepsilon'}{4}\Delta\cos\varphi + \frac{\varepsilon'}{4}\sqrt{-1}\,\Sigma\sin\varphi.$$

Posons

$$\frac{\varepsilon'}{4}\Delta\cos\varphi - \frac{1}{52}\frac{\rho^2}{1-\rho^2} = p,$$

on aura

$$A_{n'} = S\left(\tfrac{1}{2}\right)_{n'}\rho^{13}(1-\rho^2)\; e^{-\frac{1}{2}p}\; e^{(-13\varphi + \frac{\varepsilon'}{4}\Sigma\sin\varphi)\sqrt{-1}}$$

$\frac{\varepsilon'}{4}\Sigma\sin\varphi$ est une longueur; en ajoutant à son logarithme le logarithme de $\frac{200}{\pi}$ qui est 1,8038801, on transformera cette longueur en grades. Posons donc

$$\frac{200}{\pi}\Sigma\frac{\varepsilon'}{4}\sin\varphi = q,$$

on aura

(8 *bis*) $$A_{n'} = S\left(\tfrac{1}{2}\right)_{n'}\rho^{13}(-\rho^2)^{-\frac{1}{2}}\, e^{p}\, e^{(-13\varphi + q)\sqrt{-1}}$$

A l'aide des tables d'addition et de soustraction, il est facile de former les éléments de $A_{n'}$. Pour avoir le logarithme de e^p, on prend le logarithme du logarithme, et on retourne aux nombres; log log $e = 9{,}6377843$.

Nous allons donner les tableaux des valeurs de $(1-\rho^2)^{-\frac{1}{2}}$, de e^p et de q.

Tableau des valeurs de $(1 - \rho^2)^{-\frac{1}{2}}$ de la Formule (8 bis).

N°		N°		N°	
0	0,1655776	15	0,1531608	30	0,1602027
1	0,1644367	16	0,1528657	31	0,1616228
2	0,1632530	17	0,1526253	32	0,1630515
3	0,1620694	18	0,1524560	33	0,1644365
4	0,1609173	19	0,1523718	34	0,1657315
5	0,1598208	20	0,1523874	35	0,1668838
6	0,1587961	21	0,1525184	36	0,1678500
7	0,1578560	22	0,1527815	37	0,1685916
8	0,1570040	23	0,1531850	38	0,1690765
9	0,1562396	24	0,1537448	39	0,1692916
10	0,1555584	25	0,1544654	40	0,1692328
11	0,1549540	26	0,1553429	41	0,1689129
12	0,1544183	27	0,1563745	42	0,1683468
13	0,1539475	28	0,1575442	43	0,1675794
14	0,1535295	29	0,1588305	44	0,1666416

Tableau des valeurs de e^{p} et de q de la Formule (8 bis).

No	e^{p}	No	e^{p}	No	e^{p}
0	0,0136909	15	9,9666531	30	9,9909160
1	0,0120211	16	9,9647326	31	9,9945733
2	0,0099115	17	9,9633490	32	9,9980660
3	0,0073829	18	9,9625368	33	0,0013382
4	0,0044702	19	9,9623183	34	0,0043443
5	0,0012215	20	9,9627011	35	0,0070507
6	9,9976969	21	9,9636782	36	0,0094317
7	9,9939667	22	9,9652267	37	0,0114696
8	9,9901098	23	9,9673070	38	0,0131474
9	9,9862104	24	9,9698658	39	0,0144539
10	9,9823552	25	9,9728355	40	0,0153752
11	9,9786312	26	9,9761374	41	0,0158957
12	9,9751226	27	9,9796858	42	0,0160025
13	9,9719092	28	9,9833907	43	0,0156771
14	9,9690641	29	9,9871625	44	0,0149092

No	q	No	q	No	q
	g		g		g
0	6,839911	15	7,538370	30	—14,443116
1	8,523038	16	5,712395	31	—14,289620
2	10,049461	17	3,769620	32	—13,862254
3	11,388810	18	1,749588	33	—13,172112
4	12,513690	19	—0,306344	34	—12,234756
5	13,400310	20	—2,355888	35	—11,069822
6	14,029300	21	—4,356805	36	—9,700490
7	14,386060	22	—6,267891	37	—8,152910
8	14,461363	23	—8,050017	38	—6,455880
9	14,251652	24	—9,666956	39	—4,640300
10	13,759210	25	—11,086434	40	—2,738842
11	12,992210	26	—12,280796	41	—0,785548
12	11,964606	27	—13,227530	42	1,184552
13	10,695857	28	—13,909832	43	3,135886
14	9,210672	29	—14,316733	44	5,032758

On peut maintenant calculer la valeur de $A_{n'-n}$, formule (9).

$$k = 45, \quad n' = 13, \quad n = 8, \quad T = \psi - \varepsilon \sin \psi.$$

En remplaçant $A_{n'}$ par sa valeur (8 *bis*), on a

$$A_{n'-n} = \frac{(\frac{1}{2})_{13}}{45} \Sigma . \rho^{13} (1 - \rho^2)^{-\frac{1}{2}p} e^{(-13\varphi + q + 8T)\sqrt{-1}} (1 - \varepsilon \cos \psi)\, e$$

$$(9\ bis) \begin{cases} A_{n'-n} = \frac{(\frac{1}{2})_{13}}{45} \Sigma . M \left[\cos (-13\varphi + q + 8T) \right. \\ \qquad\qquad \left. + \sqrt{-1} \sin (-13\varphi + q + 8T) \right] \\ M = S\rho^{13} (1 - \rho^2)^{-\frac{1}{2}p} e^{p} (1 - \varepsilon \cos \psi) \end{cases}$$

$(\frac{1}{2})_{13} = \frac{1.3.5.\ldots.25}{2.4.6.\ldots.26}$, dont le logarithme vaut 9,1902785.

On calculera les 45 valeurs de $Me^{(-13\varphi + q + 8T)\sqrt{-1}}$, on en fera la somme, et en la multipliant par $\frac{(\frac{1}{2})_{13}}{45}$ on aura $A_{n'-n}$.

Comme $\psi = 0$, 8°, 16°, etc., les numéros 1,44 ; 2,43, etc., pour $1 - \varepsilon \cos \varphi$, ont les mêmes valeurs.

Quant à $T = \psi - \varepsilon \sin \psi$, il doit être estimé en grades.

($8^o = \frac{80^g}{9} = 8^g,888888$). $\varepsilon \sin \varphi$ étant une longueur, on la multipliera par $\frac{200}{\pi}$ pour avoir le nombre de grades correspondant, alors $T = \psi - \frac{200}{\pi} \varepsilon \sin \psi$. Il faut remarquer que les numéros 1,44 ; 2,43, etc., des valeurs de T sont égaux et de signe contraire.

Nous allons donner les logarithmes des valeurs de $Me^{(-13\varphi + q + 8T)\sqrt{-1}}$ et au-dessous les nombres multipliés par 10^7.

Tableau des valeurs de M cos de la Formule (9 bis).

N°	M cos	N°	M cos	N°	M cos
0	8,401777	15	—7,754808	30	—8,291678
	252218		— 56860		— 195739
1	8,269101	16	7,765125	31	—8,309326
	185823		58227		— 203857
2	7,677627	17	8,146082	32	—8,068330
	47602		139985		— 117038
3	—8,004238	18	8,163251	33	7,496907
	— 100980		145630		31398
4	—8,293474	19	7,863547	34	8,251050
	— 196550		73037		178258
5	—8,302686	20	—7,587503	35	8,411277
	— 200764		— 38681		257796
6	—8,065346	21	—8,114787	36	8,364238
	— 116237		— 130252		231333
7	7,184028	22	—8,185579	37	8,023809
	15276		— 153313		105635
8	8,120466	23	—7,977924	38	—7,836982
	131967		— 95043		— 68704
9	8,255772	24	7,196362	39	—8,340021
	180207		15713		— 218787
10	8,144646	25	8,091139	40	—8,449288
	139523		123350		— 281376
11	7,511034	26	8,237958	41	—8,362945
	32436		172964		— 230645
12	—7,936071	27	8,137040	42	—7,949659
	— 86312		137100		— 89036
13	—8,195376	28	7,464092	43	7,919426
	— 156811		29114		83066
14	—8,159031	29	—8,010516	44	8,330784
	— 144222		— 102451		214182

Tableau des valeurs de M sin de la Formule (9 bis).

N°	M sin	N°	M sin	N°	M sin
0	—7,046824	15	8,168637	30	—7,826293
	— 11138		147447		— 67034
1	—8,196356	16	8,160418	31	7,879063
	— 157165		144681		75694
2	—8,360143	17	7,813653	32	8,292581
	— 229162		65110		196146
3	—8,302963	18	—7,681609	33	8,375316
	— 200892		— 48040		237310
4	—7,951911	19	—8,128211	34	8,243611
	— 89518		— 134342		175230
5	7,723421	20	—8,170794	35	7,495282
	52895		— 148181		31281
6	8,211072	21	—7,915953	36	—8,131999
	162582		— 82405		— 135518
7	8,283690	22	7,455968	37	—8,404284
	192172		28573		253678
8	8,119287	23	8,103983	38	—8,432661
	131609		127052		— 270807
9	7,097965	24	8,208488	39	—8,249025
	12530		161617		— 177429
10	—8,027433	25	8,052273	40	—7,065927
	— 106520		112790		— 11639
11	—8,225092	26	8,395060	41	8,197164
	— 167916		2483		157457
12	—8,155380	27	—8,066441	42	8,414917
	— 143014		— 116530		259966
13	—7,668059	28	—8,268798	43	8,407279
	— 46565		— 185693		255434
14	7,848676	29	—8,225984	44	8,173731
	70579		— 168261		149186

On tire des Tableaux qui précèdent :

$$\Sigma M \cos = - 0{,}0001820 = - (6{,}260071)$$
$$\Sigma M \sin = - 0{,}0001620 = - (6{,}209515);$$

et comme le facteur $\frac{(\frac{1}{5})_{13}}{45}$ vaut 7,537066, la formule (9 *bis*) devient

$$A_{13'-8} = - (3{,}797157) - (3{,}746581)\sqrt{-1}$$
$$A_{13'-8} = - \frac{6268}{10^{10}} - \frac{5579}{10^{10}}\sqrt{-1} = \alpha + \beta\sqrt{-1}.$$

On a posé $A = 2\alpha, \quad B = - 2\beta;$

comme le facteur $\frac{24an^2m'}{\mu(13n' - 8n)^2}$, dans lequel μ peut être supposé égal à 1, donne après la division par sin 1″ (6,182057), la formule (12) devient

$$\delta\zeta = - (0{,}28022) \sin (13T' - 8T) - (0{,}22967) \cos (13T' - 8T)$$
$$= M \sin + N \cos$$

d'après les notations de la formule (13)

$$\gamma \sin \lambda = N, \qquad \gamma \cos \lambda = M,$$

d'où

$$\gamma = (0{,}41677) = 2'',552 \qquad \lambda = 221° 40'.$$

Alors la formule (13) devient

$$\delta\zeta = 2''55 \sin [13T' - 8T + 221° 40'].$$

Telle est l'inégalité à longue période du moyen mouvement de Vénus.

Pour calculer l'inégalité correspondante de la Terre, en se rapportant aux formules (15) et (16), comme le facteur $\frac{39a'n'^2m}{\mu'(13n' - 8n)^2}$ vaut (6,057675), on a

$$\delta\zeta' = (0,15584)\sin(13T' - 8T) + (0,10523)\cos(13T' - 8T)$$
$$\gamma' = (0,28254) = 1'',916\,,\quad \lambda' = 41^\circ 40'$$
$$\delta\zeta' = 1'',92\sin(13T' - 8T + 41^\circ 40').$$

Telle est l'inégalité à longue période du moyen mouvement de la Terre.

Pour calculer les inégalités $\delta\zeta$, $\delta\zeta'$ à $0'',1$ près, on aurait dû prendre 53 valeurs de ψ, tandis qu'on en a pris 45; mais on peut s'assurer qu'on a déjà une grande approximation avec 15 valeurs seulement. La formule de l'erreur donnerait donc en général un nombre de valeurs de ψ trop considérable, de sorte qu'on peut considérer le résultat précédent comme exact à $0'',1$ près. Au reste, ce résultat s'accorde sensiblement avec celui qui est indiqué, soit dans les *Annales de l'Observatoire*, soit dans la *Théorie analytique du système du monde*, de M. Pontécoulant, pourvu qu'on remplace T et T′ par leurs valeurs

$$T = nt + \varepsilon - p, \quad T' = n't + \varepsilon' - p'.$$

TRANSFORMATION NEWTONIENNE

APPLIQUÉE

A LA THÉORIE DE L'HOMOGRAPHIE;

Par M. LENTHÉRIC.

Nous avons publié, en 1859 et en 1860 (tom. IV de ce Recueil, pag. 145 et 351), les deux premières parties d'un Mémoire sur le mode de transformation indiqué dans le lemme XXII du 1er livre des *Principes*. L'impression de la troisième partie ayant été ajournée, par suite de circonstances particulières, il nous a paru indispensable d'en modifier la rédaction de manière que sa lecture n'exige pas la connaissance des deux premières, qui contiennent des applications aussi nombreuses que variées à la plupart des théories de la géométrie moderne.

Nous allons reprendre le mode de transformation pour l'exposer dans son ensemble, en insistant sur le cas où la figure se reproduit, et nous en ferons l'application à la théorie de l'*homographie*. On verra que la transformation conduit tout naturellement à la notion du *rapport anharmonique* et présente les *divisions homographiques* comme une simple extension de la théorie des *divisions proportionnelles*. Les *divisions en involution* proviennent du cas particulier où, une droite se reproduisant, les points homologues de deux divisions homographiques, formées sur cette droite, se reproduisent aussi réciproquement.

Après avoir retrouvé les divers théorèmes de M. Chasles, nous les avons démontrés en partant des deux *principes* énoncés par l'éminent géomètre dans les *Comptes-rendus* (séance du 24 décembre 1855); enfin, nous les avons présentés comme de simples applications de la géométrie analytique.

§ I. Mode de transformation.

1. Soient deux axes Ox, Oy (*fig.* 1), M un point de leur plan ayant pour coordonnées $OP = x$, $PM = y$, et AC une parallèle fixe à l'axe des y qui intercepte sur l'axe des x un segment $OA = k$.

Joignons OM, coupant la parallèle fixe en C; prenons AD égale à l'ordonnée PM et menons OD jusqu'à la rencontre en M′ de la parallèle à l'axe des x par le point C. Le point M′ résultera du point M par transformation et sera dit le *transformé* de ce point.

En opérant de même pour tous les points d'une figure, on obtiendra une nouvelle figure qui sera la *transformée* de la première.

Désignons par x', y' les coordonnées OP′, P′M′ du point transformé M′. On a par les triangles semblables

$$x' = \frac{k^2}{x}, \quad y' = \frac{ky}{x},$$

et réciproquement

$$x = \frac{k^2}{x'}, \quad y = \frac{ky'}{x'}.$$

D'après cela : étant donnée une courbe $f(x, y) = 0$, la transformée est une courbe de même degré $f\left(\frac{k^2}{x'}, \frac{ky'}{x'}\right) = 0$, ou $f\left(\frac{k^2}{x}, \frac{ky}{x}\right) = 0$.

Par exemple, la droite $y = mx + g$ se transforme en une nouvelle droite $y = \frac{g}{k}x + mk$. Le cercle $y^2 + (x - \alpha)^2 = R^2$ se transforme en une conique

$$k^2y^2 + (\alpha^2 - R^2)\,x^2 - 2k^2\alpha x + k^4 = 0.$$

La courbe qu'il faut transformer pour obtenir une courbe donnée $\varphi(x', y') = 0$ est $\varphi\left(\frac{k^2}{x}, \frac{ky}{x}\right) = 0$.

2. Soit E l'intersection avec l'axe des x de la droite qui joint un point

quelconque M d'une figure au point correspondant M′ de la transformée, et F le point où MM′ coupe la parallèle fixe. La ligne OF qui passe par le point de concours O des deux côtés non parallèles du trapèze CMM′D et par l'intersection F des diagonales de ce trapèze, divise les bases en parties égales; donc OF passe par le milieu de la parallèle MD à la base AE du triangle AEF; par conséquent OE = OA = k.

Ainsi : *Toutes les droites qui joignent respectivement les divers points d'une figure aux points correspondants de la transformée, concourent en un même point.*

Tout point situé sur la parallèle fixe se transforme en lui-même, et *la parallèle fixe est une droite commune aux deux figures.*

La transformée d'une droite est une nouvelle droite coupant la parallèle fixe au même point; par conséquent :

Tous les côtés d'une figure et les côtés correspondants de la transformée se coupent respectivement sur une même droite.

Une figure et sa transformée sont donc ce que M. Poncelet appelle deux figures *homologiques*. Le *point de concours* E est le *centre d'homologie*, et la *parallèle fixe* est l'*axe d'homologie*.

3. Nous avons supposé les axes quelconques. Soient (*fig.* 2) O′x′, O′y, ces axes; O′E = O′A′, M un point et M′ le transformé; abaissons du point E la perpendiculaire EO sur l'axe des y, et du point M′ la perpendiculaire M′C sur la parallèle fixe. Par la similitude des triangles, on voit que la ligne OC coupera la ligne O′C′ en M. Donc le point M, qui a pour transformé le point M′ par rapport aux axes quelconques O′y, O′x′, a aussi pour transformé le même point par rapport aux axes rectangulaires Oy, Ox.

Ainsi : *Il existe une infinité de systèmes d'axes qui donnent la même transformée d'une figure. Tous ces systèmes ont l'axe des* y *commun et les axes des* x *concourent au même point* E, *de manière qu'un seul de ces systèmes est rectangulaire.* Nous supposerons la transformation opérée par rapport à ce système unique.

4. Revenons à la figure 1. De même que OP × OP′ = OA^2, on a sur la droite MM′, GM × GM′ = GF^2; d'où la proportion harmonique ME : MF :: M′E : M′F.

Cette remarque permet d'opérer la transformation sans la considération des axes.

On se donnera arbitrairement le point de concours E et la droite fixe AC, et on transformera le point M en cherchant le conjugué harmonique M′ sur sur la droite EF.

5. La transformée est encore ce que M. Poncelet appelle une *projection centrale* ou une *perspective* de la figure donnée. Nous allons faire voir comment, en effet, on peut déterminer tous les éléments de cette perspective, ce qui permettrait de la tracer au besoin.

Dans la construction du point M′ (*fig.* 1), nous pouvons substituer la ligne EM′ à la ligne OD. Prenons sur l'axe des y, OH = OE, et sur la parallèle fixe, mais en sens contraire, CL = CM′. Nous pouvons encore substituer HL à la ligne EM′. Donc, étant donné le point M′, on construira le point M par l'intersection des deux lignes OC, HL. Or, c'est ainsi que l'on opère pour trouver la perspective M d'un point M′ situé sur le plan horizontal.

Par conséquent : La transformation newtonienne est une perspective. Le *tableau* est le plan des axes ; le *point de vue* est l'origine O ; la *ligne de terre* est la parallèle fixe, et la *distance de l'œil* au tableau est égale à celle du point de vue à la ligne de terre. (Voir tom. IV de ce Recueil, pag. 351.)

6. Du mode de transformation résultent ces conséquences, évidentes par les premiers principes de la perspective.

I. *Tout point situé sur l'axe des* y *se transforme en un point situé à l'infini, sur la droite qui joint ce point au point de concours* E.

Car si le point M vient en G, milieu de EF, son conjugué harmonique M′ s'éloigne à l'infini sur la direction EG.

Réciproquement : *Tout point situé à l'infini, sur une droite, se transforme en un point de l'axe des* y *que l'on obtient en menant par le point de concours* E *une parallèle à la droite.*

II. *Une parallèle à l'axe des* x *se transforme en une droite passant par l'origine et coupant la parallèle fixe au même point.* Car MP ou y restant constant, M′ reste sur la direction fixe OD.

Réciproquement : *Toute droite passant par l'origine se transforme en une parallèle à l'axe des* x *coupant la parallèle fixe au même point.*

Car le point O de la droite OD se transforme en un point à l'infini sur la direction EO, et le point D ne change pas.

III. *Une parallèle à l'axe des* y *se transforme en une autre parallèle à cet axe.* A cause de la relation $xx' = k^2$, les deux parallèles sont toujours du même côté de l'axe des y, et l'une s'éloigne de cet axe lorsque l'autre s'en approche, de manière que l'axe des y est la transformée d'une droite située entièrement à l'infini.

En vertu de ces principes : *On peut transformer un faisceau de droites concourantes en un même point en un faisceau de droites parallèles ayant une direction donnée;* ou réciproquement : *transformer un faisceau de droites parallèles en un faisceau de droites concourantes en un point donné;* ou enfin : *transformer un faisceau de droites parallèles en un nouveau faisceau de droites parallèles aux premières.*

IV. *Transformation des angles.* En joignant le point de concours E au point où une droite rencontre l'axe des y, on a la direction de la transformée de la droite. Ainsi :

Pour connaître l'angle des transformées des deux droites, il suffit de connaître les points où ces droites rencontrent l'axe des y.

Par exemple, deux droites coupant l'axe des y en A et B, l'angle des transformées sera AEB que l'on obtient en joignant le point de concours E aux points A et B.

Il résulte de là que, pour que les transformées soient rectangulaires, il faut que les points A et B soient de différents côtés par rapport à l'origine O, et que $OA \times OB = k^2$. Ainsi k doit être moyenne proportionnelle entre les deux segments.

On voit que le problème qui consiste à transformer deux droites données en deux droites rectangulaires est plus qu'indéterminé. Car on peut se donner pour axe des y une transversale quelconque, et le lieu du point E est la circonférence décrite sur le segment AB, intercepté par la transversale.

Si l'on veut que les transformées se coupent sous un angle donné, le lieu

du point E est le double segment de cercle décrit sur AB et capable de cet angle.

En passant de la transformation à la perspective, on trouve des théorèmes analogues aux théorèmes de M. Poncelet sur la perspective des coniques, que nous avons démontrés ailleurs (tom. IV, 2e partie).

Il résulte de ce qui précède qu'*un triangle quelconque peut se transformer d'une infinité de manières, en un triangle équilatéral.* Car soient A, B, C les intersections des trois côtés avec une transversale quelconque que nous prendrons pour axe des y. Décrivons sur AB et sur BC deux segments de cercle capables d'un même angle de 60° et se coupant en B. Ils se couperont en un autre point E que nous prendrons pour point de concours, et EA, EB, EC seront les directions des trois côtés du triangle équilatéral que l'on construira facilement, car le point de concours et l'axe des y déterminent la position de la parallèle fixe :

On peut aussi transformer un triangle quelconque en un triangle isocèle dont l'angle à la base soit donné, ou généralement *en un triangle semblable à un triangle donné.*

V. *Transformation des distances.* Soit D la distance de deux points a, b; a', b' d'une droite $y = mx + g$. On a $D^2 = (1 + m^2)(a - a')^2$. Or, par la transformation a devient $\frac{k^2}{a}$, a' devient $\frac{k^2}{a'}$, et m devient $\frac{g}{k}$. Appelons D' la distance transformée : $D'^2 = \frac{k^2(k^2+g^2)}{1+m^2} \times \frac{(a-a')^2}{a^2a'^2}$, et à cause de $(a - a')^2 = \frac{D^2}{1+m^2}$, il en résulte, si l'on désigne par λ^2 la constante :

$$D' = \frac{\lambda^2}{aa'} D. \qquad (a)$$

Nous avons donné une démonstration géométrique de cette formule (tom. IV, pag. 151).

Soient trois points M, N, P sur une droite, et α, α', α'' leurs abscisses respectives, M', N', P' étant les points transformés :

$$M'P' = \frac{\lambda^2}{\alpha\alpha''} MP ; \quad N'P' = \frac{\lambda^2}{\alpha'\alpha''} N'P' ; \text{ d'où } \frac{M'P'}{N'P'} = \frac{MP}{NP} \times \frac{\alpha'}{\alpha},$$

ou

$$\frac{M'P'}{N'P'} = \omega \frac{MP}{NP} \qquad (b)$$

La constante ω est indépendante de la position du point P, dont on prend le rapport des distances aux deux autres.

Cela posé, soient quatre points A, B, C, D en proportion harmonique sur une droite ou tels que $\frac{CA}{CB} = \frac{DA}{DB}$; en transformant on a :

$$\frac{C'A'}{C'B'} = \omega \frac{CA}{CB}; \quad \frac{D'A'}{D'B'} = \omega \frac{DA}{DB}, \quad \text{d'où} \quad \frac{C'A'}{C'B'} = \frac{D'A'}{D'B'};$$

et généralement $$\frac{CA}{CB} \cdot \frac{DA}{DB} = \frac{C'A'}{C'B'} \cdot \frac{D'A'}{D'B'},$$

ce qui exprime que *le rapport anharmonique des quatre points* A, B, C, D *d'une droite est égal au rapport anharmonique des quatre points correspondants* A', B', C', D' *de la transformée.*

Ainsi : *La transformation n'altère ni la proportion harmonique, ni le rapport anharmonique.*

Par conséquent : La transformation n'altère pas non plus l'*homographie* et l'*involution*, qui dérivent, comme on le verra, de l'égalité du rapport anharmonique.

VI. *Transformation des surfaces.* Soit ABC un triangle, α, β, γ les abscisses des sommets, et A'B'C' le triangle transformé.

$A'B' = \frac{\lambda^2}{\alpha\beta} AB$. CD étant la hauteur h du premier triangle et CE étant la ligne qu'il faut transformer pour avoir la hauteur h' du second, désignons par ε l'abscisse du point E. $h' = \frac{\lambda'^2}{\gamma\varepsilon} CE$. Or δ étant l'angle de CE avec CD, $CE \cos\delta = h$, et $h' = \frac{\lambda'^2}{\gamma\varepsilon \cos\delta} h$. Multipliant et désignant par μ^3 la constante, il vient

$$A'B'C' = \frac{\mu^3}{\alpha\beta\gamma} ABC.$$

Tels sont les principes de la transformation newtonienne. Rappelons en peu de mots les applications que l'on peut en faire.

7. Étant donnée une figure composée, comme on voudra, de points, de droites, de lignes polygonales ou courbes, supposons qu'on opère la transformation.

Les points de la figure primitive donneront des points correspondants de la nouvelle ; les droites donneront des droites correspondantes ; les lignes polygonales, des lignes polygonales d'un même nombre de côtés ; les courbes, des courbes de même degré ; les tangentes à ces courbes, des tangentes aux nouvelles courbes. La tangente primitive touchant la courbe sur l'axe des y, la nouvelle tangente touchera la nouvelle courbe à l'infini ou deviendra une asymptote.

La courbe étant continue et fermée, si l'axe des y est extérieur, la nouvelle courbe sera aussi continue et fermée. Si l'axe des y coupe la courbe, la transformée aura des branches infinies dont il sera facile de construire les asymptotes. Si l'axe des y est tangent à la courbe, la transformée aura des branches infinies pour lesquelles la direction asymptotique subsistera ; mais l'asymptote sera tout entière à l'infini.

Ainsi : *Il ne peut exister de courbes fermées, d'un degré quelconque, sans qu'il existe des courbes à branches infinies du même degré, avec ou sans asymptotes ; et le nombre des asymptotes est au plus égal au degré.*

Les courbes de degré impair ont toutes des branches infinies et au moins une asymptote.

La courbure de la transformée, par rapport à l'axe des x, est dans le même sens que celle de la courbe primitive. Par rapport à l'axe des y, elle est en sens inverse ; par conséquent :

A des points d'inflexion d'une courbe correspondent des points d'inflexion de la transformée.

Par exemple : La transformation du cercle donne immédiatement la classification et la forme des diverses courbes du second degré, comme nous l'avons déjà expliqué (1re partie, tom. IV, pag. 157), et on conclut de ce qui précède que les *branches infinies des courbes de degré supérieur sont hyperboliques ou paraboliques, suivant qu'elles répondent à des points d'intersection ou à des points de contact de la courbe primitive avec l'axe des* y.

De même : comme les courbes du troisième degré ont au moins un point

d'inflexion, en prenant pour axe des y la tangente en ce point, il en résulte une des cinq *paraboles cubiques*, ce qui est le théorème de Newton, et on obtiendrait les diverses formes des courbes du troisième degré en transformant les paraboles cubiques.

Une figure peut se transformer d'une infinité de manières, suivant le choix des axes et la position de la parallèle fixe. Si on peut la transformer en une autre dont les propriétés soient déjà connues ou faciles à découvrir, on trouvera aisément les propriétés correspondantes de la figure donnée. C'est ainsi que l'on trouve toutes les propriétés des coniques par les propriétés connues du cercle (tom. IV, pag. 172).

Généralement, en transformant la figure relative à un théorème ou à un problème, on transforme l'énoncé du théorème ou du problème. C'est par là que l'étude de la géométrie élémentaire peut offrir un nouvel intérêt; car des propositions qui au premier abord paraîtraient difficiles, peuvent se ramener à d'autres très-simples ou même évidentes; et il en peut résulter les rapprochements les plus inattendus.

Le passage de la transformation à la perspective donne des propositions correspondantes dans l'espace.

8. *Cas où la figure se reproduit.* Ce cas, que nous avions à peine signalé, conduit à des conséquences assez curieuses.

Toute droite passant par le point de concours se reproduit. Car le point de concours et celui où la droite rencontre la parallèle fixe, restent invariables; ou bien $y = m(x + k)$ se transforme en $y = m(x + k)$.

Polaire d'un point par rapport à deux droites. Soit [1] E un point du plan de l'angle ACB formé par les deux droites, et par ce point une transversale quelconque coupant les côtés de l'angle en m, m'. Prenons le conjugué harmonique ρ du point E sur le segment mm' et joignons ce point au sommet de l'angle par une droite CD.

E étant le point de concours et CD la parallèle fixe, le côté Cm de l'angle se transforme en l'autre côté Cm', et réciproquement. Or, toute transversale passant par le point E se reproduit; donc le point où elle coupe CD est aussi

[1] On a supprimé les figures faciles à rétablir d'après le texte.

conjugué harmonique de E sur le segment déterminé par les côtés de l'ang Ainsi, le lieu du point ρ, pendant que la transversale tourne autour du po E, est une droite passant par le sommet de l'angle. La droite est la *pola* du point E et le point E est le *pôle*. n, n' étant les points d'intersection toute autre transversale avec les côtés de l'angle, la droite mn' se tra forme en $m'n$; donc mn' et $m'n$ se coupent sur la parallèle fixe ou sur polaire CD, ce qui indique comment on peut construire la polaire avec *règle* seulement.

Les quatre droites CE, CA, CD, CB forment un *faisceau harmoniq* En prenant CE pour axe des y, le faisceau se transforme en trois parallè équidistantes : donc toute droite est coupée harmoniquement par les qua rayons du faisceau, et c'est de là que lui vient sa dénomination.

En coupant les trois parallèles équidistantes par des parallèles de to autre direction et transformant la figure, on retrouve les propriétés d polaire d'un point par rapport à deux droites, comme nous l'avions déjà voir (tom. IV, pag. 162).

9. *Reproduction des angles.* Un angle se reproduit en prenant pour p de concours un point de son plan, et la polaire de ce point pour parallèle fi Un angle et un faisceau quelconque se reproduisent si l'on prend le som pour point de concours, et pour parallèle fixe une droite quelconque.

Un faisceau harmonique se reproduit si l'on prend le point de conc sur un des rayons, et pour parallèle fixe le rayon conjugué.

Un triangle se reproduit en prenant un sommet pour point de c cours, et le côté opposé pour parallèle fixe.

10. *Reproduction d'un quadrilatère.* On reproduit un quadrilatère prenant pour point de concours celui de deux côtés opposés, et pour pa lèle fixe la polaire de ce point par rapport aux deux autres côtés.

11. *Reproduction d'un cercle.* Soit le cercle $y^2 + x^2 + Ay + Bx + C =$ la transformée est $k^2y^2 + Akxy + Cx^2 + Bk^2x + k^4 = 0$; pour qu cercle se reproduise il faut d'abord que $A = 0$. En désignant par α l'absc du centre et par R le rayon, l'équation du cercle devient

$$y^2 + (y - \alpha)^2 = R^2,$$

dont la transformée est

$$k^2y^2 + (\alpha^2 - R^2)x^2 - 2k^2\alpha x - k^4 = 0,$$

et le cercle se reproduit si $k^2 = \alpha^2 - R^2$, ce qui suppose l'origine extérieure au cercle. $\alpha^2 - R^2$ est le carré de la tangente par l'origine ; donc :

Un cercle se reproduit en prenant pour axe des y *une droite extérieure, pour axe des* x *le diamètre perpendiculaire, et pour distance de la parallèle fixe la longueur de la tangente par l'origine.*

On a le point de concours en portant la longueur de la tangente de l'autre côté de l'origine, et comme les tangentes menées de ce point au cercle doivent se reproduire :

La parallèle fixe est la corde de contact du point de concours.

12. *Reproduction d'une conique.* Soit $Ay^2 + Bxy + Cx^2 + Dy + Ex + F = 0$; la transformée est $Ak^2y^2 + Dkxy + Fx^2 + Bk^3y + Ek^2x + Ck^4 = 0$, qui reproduit la conique si $Bk = D$ et $Ck^2 = F$.

Ces conditions sont satisfaites pour $B = 0$, $D = 0$, C et F étant de même signe. La conique est alors rapportée à un de ses diamètres et à une parallèle au conjugué. Elle se reproduit si $k^2 = \frac{F}{C}$. Or la corde de contact du point de concours $y = 0$, $x = -k$ est $y = 0$, $x = k$, ou la parallèle fixe ; donc : *Une conique se reproduit, comme le cercle, en prenant pour point de concours un point quelconque extérieur, et pour parallèle fixe la corde de contact de ce point.*

Le cercle $Cy^2 + Cx^2 + Ex + F = 0$, *qui a pour diamètre l'axe focal, se reproduit en même temps que la conique.*

La parabole $Ay^2 + Ex = 0$ *se reproduit quel que soit k.*

13. *Pôle et polaire des coniques.* La reproduction de la conique est indiquée par la propriété connue du pôle et de la polaire relativement à toute corde passant par le pôle ; la reproduction du cercle indique, à l'inverse, toutes les propriétés du pôle et de la polaire.

En effet, soit E le point de concours ; une transversale quelconque pas-

sant par ce point se reproduira en même temps que la conique, le poi d'entrée m se transformant en point de sortie m', et réciproquement. Do le lieu du conjugué harmonique ρ du point E sur la corde mm', penda que la transversale tourne autour du point E, est une droite, corde de co tact ou *polaire* du point E.

Des tangentes parallèles de la conique se transforment en tangentes c concourent sur l'axe des y. Or, les cordes de contact des premières se co pent au centre : donc les cordes de contact des autres se coupent en un mê point, transformé du centre. Mais les tangentes parallèles à l'axe des y r tent parallèles à cet axe, et l'une se transforme en l'autre : donc le pôle sur le diamètre conjugué de l'axe des y ; et d, d' étant les distances pôle et de la polaire au centre, en désignant par a' le demi-diamètre c jugué, on a : $d \times d' = a'^2$. Considérons un système de cordes pa lèles de la conique. Les diagonales de tous les trapèzes qui ont pour ba deux de ces cordes, ainsi que les côtés non parallèles, se coupent sur le mètre conjugué ; les tangentes par les extrémités d'une corde concourent au sur ce diamètre. En transformant, on trouve toutes les autres propriétés pôle et de la polaire.

14. *Coniques supplémentaires.* Soit $a'^2y^2 \pm b'^2x^2 = \pm a'^2b'^2$ qui re sente une ellipse et une hyperbole conjuguées. La transformée pour $k =$ est $a'^2y^2 \mp b'^2x^2 = \mp a'^2b'^2$; ainsi les deux courbes se reproduisent r proquement. M. Poncelet a donné à ces coniques le nom de *coniques s plémentaires*, parce que les cordes réelles de chacune peuvent représe les cordes *imaginaires* ou *idéales* de l'autre.

Nous ne reviendrons pas sur la théorie des cordes idéales, que nous av déjà exposée, et qui nous a conduit à une démonstration assez simple beaux théorèmes de M. Chasles sur les foyers des coniques, énoncés d les *Comptes-rendus* (1846) (tom. IV, pag. 393).

15. *Cercles de même axe radical.* Prenons pour axe des y l'axe rad pour axe des x la ligne des centres, et pour distance de la parallèle fix longueur commune des tangentes aux cercles par l'origine : *tous les cer se reproduiront en même temps.*

En portant la longueur de la tangente de part et d'autre de l'origine, on trouve deux points dont chacun peut être pris pour point de concours. La parallèle fixe passant par l'autre point est la polaire du premier par rapport à chacun des cercles. Car toutes les transversales qui passent par chacun de ces points sont coupées harmoniquement par le point, la parallèle fixe et chacun des cercles. Dans le cas de deux cercles, ces points sont les *points limites* signalés par M. Poncelet.

L'axe radical est une *corde commune idéale* dont la longueur est égale à celle de la tangente par l'origine, comme nous l'avons démontré (tom. IV, pag. 395). Deux cercles ont une autre corde commune idéale à l'infini, qui devient l'axe radical quand les deux cercles se reproduisent, et réciproquement.

Cela revient à dire que deux cercles, comme deux coniques, se coupent généralement en quatre points, dont deux sont toujours imaginaires.

16. *Coniques circonscrites au même quadrilatère.* Le point d'intersection de deux côtés opposés est le pôle de la droite qui passe par le point d'intersection des deux autres côtés et par celui des diagonales du quadrilatère simple, par rapport à chacune des coniques circonscrites. Donc, ces coniques se reproduisent en même temps que le quadrilatère.

Le quadrilatère circonscrit ayant pour point de contact les sommets du quadrilatère inscrit se reproduit aussi.

Le passage de la transformation à la perspective donne les théorèmes correspondants de l'espace. Mais nous n'insisterons pas davantage sur ce sujet, et nous allons passer à l'étude de l'homographie.

§ II. Divisions homographiques de deux droites.

17. Soient deux droites ab, $a'b'$ divisées en parties proportionnelles, et m, m' deux points homologues quelconques de deux divisions. On aura :

$$\frac{am}{bm} = \frac{a'm'}{b'm'}. \qquad (1)$$

Transformons la figure. a, b, m devenant A, B, M, et a', b', m' devenant A′, B′, M′; par la formule (b)

$$\frac{AM}{BM} = \omega \frac{am}{bm}, \quad \frac{A'M'}{B'M'} = \omega' \frac{a'm'}{b'm'};$$

divisons et soit λ la constante $\frac{\omega}{\omega'}$, il en résulte

$$\frac{AM}{BM} = \lambda \frac{A'M'}{B'M'}. \qquad (2)$$

Ainsi, les rapports ne sont plus égaux, mais ont une raison constante λ. Pour déterminer la constante, il faut se donner un autre système de points homologues fixes, c, c', des divisions proportionnelles. C, C′ étant les points transformés,

$$\frac{AC}{BC} = \lambda \frac{A'C'}{B'C'},$$

et par suite

$$\frac{AC}{BC} \cdot \frac{AM}{BM} = \frac{A'C'}{B'C'} \cdot \frac{A'M'}{B'M'}.$$

Telle est la relation entre les distances de quatre points qui caractérise les nouvelles divisions.

On voit que la transformation met en évidence le *rapport anharmonique* découvert par M. Chasles, égal au *rapport des distances de l'un des points à deux des autres, divisé par le rapport des distances du quatrième point à ces deux-là.*

Cette dénomination vient de ce que, dans le cas particulier où les rapports simples sont égaux, les quatre points sont en proportion ou en *rapport harmonique*) (G. S. 7.)

Quand des droites sont divisées en des points qui se correspondent un à un, et tellement que le rapport anharmonique de quatre points quelconques de l'une soit égal au rapport anharmonique de quatre points correspondants de l'autre, nous dirons que ces deux droites sont divisées *homographiquement*, ou bien que leurs points de division forment deux *divisions homographiques.* (G. S. 99.)

Donc : *Deux droites divisées en parties proportionnelles se transforment en deux droites divisées homographiquement*, et par conséquent : *Deux droites divisées proportionnellement donnent en perspective deux droites divisées homographiquement.*

Réciproquement : Soient deux divisions homographiques déterminées par

$$\frac{AC}{BC} \cdot \frac{AM}{BM} = \frac{A'C'}{B'C'} \cdot \frac{A'M'}{B'M'} \cdot$$

Transformons les deux droites, non pas en prenant des axes quelconques, car il en résulterait de nouvelles divisions homographiques ; mais en prenant pour axe des y une droite passant par deux points homologues C, C' des deux divisions. ac et bc étant infinis, ainsi que $a'c'$, $b'c'$, il en résulte

$$\frac{am}{bm} = \frac{a'm'}{b'm'} \cdot$$

Ainsi : *Deux droites divisées homographiquement peuvent se transformer en deux droites divisées proportionnellement.* Par conséquent : *On peut mettre en perspective deux droites divisées homographiquement, de manière à obtenir deux droites divisées proportionnellement.* (G. S. 118.)

18. Les anciens ont-ils connu l'homographie? M. Chasles a donné l'explication de ce point assez embarrassant de l'histoire des mathématiques dans les *Porismes d'Euclide*. On lit dans la Préface, pag. 24 : « Si ce livre des porismes nous était parvenu, il eût donné lieu depuis longtemps à la conception des théories élémentaires du *rapport anharmonique*, des *divisions homographiques* et de l'*involution;* et l'on ne saurait douter que ces théories ne fussent entrées, sans hésitations ni objections, avec l'autorité due au nom d'Euclide ; dans les ouvrages élémentaires comme formant les bases naturelles de la géométrie générale. » Et plus loin, pag. 56 :

« L'ouvrage d'Euclide n'est nullement étranger à nos mathématiques ; au contraire, il semble qu'elles en aient reçu l'influence. Je ne dis pas quant à leur origine, l'ouvrage était perdu, mais quant à leur forme actuelle, et nous faisons journellement des porismes à notre insu. »

19. Étudions maintenant les propriétés des divisions homographiques dont nous venons d'indiquer l'origine. On pourrait les trouver par le calcul, en partant de l'équation (2) qui les résume.

En effet, en rapportant les points de chaque division à une origine fixe sur la droite qui les contient, r, r', h désignant les distances des points

A, B, M à l'origine ρ, ρ', h' celles des points homologues A', B', M', (2) devient

$$\frac{r-h}{r'-h} = \lambda \frac{\rho - h'}{\rho' - h'};$$

chassant les dénominateurs, il en résulte entre les variables h, h' une équation de la forme

$$hh' + Ah + Bh' + C = 0, \qquad (3)$$

dont les constantes A, B, C sont déterminées dès que l'on se donne trois points de l'une des divisions et les trois points qui leur correspondent respectivement dans l'autre.

L'étude de l'homographie rentre ainsi dans les applications de la géométrie analytique ; mais nous allons d'abord retrouver par la transformation les divers théorèmes de la *Géométrie supérieure*.

20. *Deux droites quelconques, sur un plan, sont deux transformées d'une troisième droite de ce plan. Cette troisième droite est déterminée, si l'on se donne trois points quelconques* a, b, c *de la première et trois points quelconques* a', b', c' *de la seconde qui leur correspondent, un à un, respectivement.*

Car joignons, par exemple, ba' et ab' (*fig.* 3) qui se coupent en α, et bc', cb' qui se coupent en γ. Si l'on prend pour point de concours b' et pour parallèle fixe la polaire de b' par rapport aux deux droites ac, $\alpha\gamma$, la droite ac se transforme en la droite $\alpha\gamma$. Si l'on prend pour point de concours le point b et pour parallèle fixe la polaire de b par rapport aux deux droites $a'c'$, $\alpha\gamma$, la droite $a'c'$ se transforme aussi en la droite $\alpha\gamma$.

Il en résulte, sur les deux droites ac, $a'c'$, deux divisions homographiques dont les points homologues sont ceux qui correspondent respectivement à un même point de la troisième droite $\alpha\gamma$. Car μ étant un point quelconque de $\alpha\gamma$, auquel correspondent m sur ac et m' sur $a'c'$, le rapport anharmonique des quatre points α, β, γ, μ est égal, d'une part à celui des quatre points a, b, c, m; et d'autre part à celui des quatre points a', b', c', m'. Donc les points m, m' divisent ac et $a'c'$ homographiquement.

On voit que le tracé des divisions n'exige que l'emploi de la *règle*. Pour

trouver, par exemple, le point homologue de d, on joint $b'd$ coupant $\alpha\gamma$ en δ, et $b\delta$ donne le point homologue d'.

N. B. Le point d'intersection des deux droites ne sera pas en général un point commun de division. Ce point représente, en même temps, un point A de la première division et un point B′ de la seconde. En se donnant le point A, on trouve son homologue A′ à l'intersection de $a'c'$ avec $\alpha\gamma$. En se donnant B′, on trouve B à l'intersection de ac avec $\alpha\gamma$.

Ainsi : *La droite qu'il faut transformer est celle qui passe par les points de chacune des droites données qui correspondent à leur intersection considérée comme point de l'autre.*

On serait conduit à transformer la même droite, si au lieu de prendre pour points de concours b et b', on prenait a et a' ou c et c'.

Ainsi : *Étant pris sur deux droites deux séries de trois points quelconques* a, b, c *et* a′, b′, c′, *qui se correspondent un à un, les trois points de croisement des diagonales* ab′ *et* ba′, ac′ *et* ca′, bc′ *et* cb′ *sont en ligne droite.* (G. S. 109.)

Le théorème primitif revient au suivant :

Quand deux droites sont divisées homographiquement aux points a, b, c... *et* a′, b′, c′, *qui se correspondent un à un, deux droites telles que* ab′ *et* ba′ *qui vont de deux points de la première division aux points correspondants de la seconde, pris inversement, se coupent sur une même droite fixe.* (G. S. 108.)

La proposition est donc vraie pour deux droites divisées proportionnellement. Par conséquent, si l'on se donne deux points de l'une des divisions et les points correspondants de l'autre, après avoir déterminé deux autres points homologues, on construira la droite $\alpha\gamma$, et le tracé des autres divisions pourra s'opérer avec la *règle* seulement.

Au lieu de prendre pour points de concours deux points homologues, prenons deux points quelconques p, p' sur une droite aa' qui joint deux points homologues. pb, pb' se coupant en β, et pc, $p'c'$ se coupant en γ, les deux droites données sont deux transformées d'une même droite $\beta\gamma$, déterminée dès que l'on se donne les points p, p'.

Donc : *Quand deux droites sont divisées homographiquement aux points* a, b, c... *et* a′, b′, c′ *qui se correspondent un à un, si l'on prend sur*

une droite quelconque aa' *qui joint deux points correspondants, deux points fixes* p', p' *quelconques, les droites* pb, pc... *rencontreront respectivement les droites* p'b', p'c'... *en des points* β, γ... *qui seront en ligne droite.* (G. S. 106.)

Examinons le cas particulier où l'intersection des deux droites est un point commun de division.

La troisième droite $\alpha\gamma$ passe alors par ce point, et l'on peut considérer plus simplement une des droites comme la transformée de l'autre.

Donc : *Des transversales issues d'un même point divisent deux droites quelconques homographiquement, et l'intersection des deux droites est un point commun de division.* (G. S. 102.)

Réciproquement : *Quand deux droites sont divisées homographiquement, si leur point d'intersection est un point commun de division, les transversales qui joignent un à un tous les points de division homologues concourent en un même point.* (G. S. 103.)

Car l'une des droites se transforme en l'autre si l'on prend pour point de concours celui de deux transversales quelconques, et pour parallèle fixe la polaire de ce point.

α, β, μ étant trois points de la troisième droite $\alpha\gamma$, auxquels correspondent a, b, m sur la première et a', b', m' sur la seconde,

$$\frac{am}{bm} = \omega \frac{\alpha\mu}{\beta\mu}, \quad \frac{a'm'}{b'm'} = \omega' \frac{\alpha\mu}{\beta\mu}; \text{ d'où } \frac{am}{bm} = \lambda \frac{a'm'}{b'm'}.$$

Nous retrouvons ainsi la relation (2) qui démontre ce théorème :

Quand deux droites sont divisées homographiquement, le rapport des distances d'un point quelconque de la première à deux points fixes est au rapport des distances du point homologue de la seconde aux deux points fixes homologues, dans une raison constante. (G. S. 115.)

Réciproquement : *Si* $\frac{am}{bm} = \lambda \frac{a'm'}{b'm'}$, *les points variables* m, m' *divisent homographiquement les droites* ab, a'b'.

Car c, c' étant deux positions particulières de m, m', on a aussi

$$\frac{ac}{bc} = \lambda \frac{a'c'}{b'c'}; \text{ d'où } \frac{ac}{bc} : \frac{am}{bm} = \frac{a'c'}{b'c'} : \frac{a'm'}{b'm'}. \text{ (G. S. 116.)}$$

21. *Points qui correspondent à l'infini.* Menons par le point b une parallèle à la seconde droite coupant $\alpha\gamma$ en n et joignons $b'n$, nous trouverons le point I de la première droite qui correspond au point situé à l'infini sur la seconde.

Menons de même par le point b' une parallèle à la première droite coupant $\alpha\gamma$ en p et joignons bp, nous trouverons le point J′ de la seconde droite qui correspond au point situé à l'infini sur la première.

Chacun de ces points I et J′ peut remplacer un système de points homologues, de manière que les deux séries sont déterminées par exemple par b, b', I et J′.

Lorsque les deux droites sont parallèles, la troisième droite $\alpha\gamma$ est celle qui passe par les points I et J. (*fig.* 4) m, m' étant deux points homologues quelconques, on a par les triangles semblables $\mathrm{I}m \times \mathrm{J}'m' = b\mathrm{I} \times b'\mathrm{J}'$; et a', a' étant deux autres points homologues, $a\mathrm{I} \times a'\mathrm{J}' = b\mathrm{I} \times b'\mathrm{J}'$; donc $\mathrm{I}m \times \mathrm{J}'m'$ est constant.

Ces relations subsistent quand les droites sont quelconques. Car a, b, I, ∞ correspondent à a', b', ∞', J′ : le rapport anharmonique des quatre premiers points se réduit à $\frac{a\mathrm{I}}{b\mathrm{I}}$, et celui des quatre autres à $\frac{b'\mathrm{J}'}{a'\mathrm{J}'}$; donc $\frac{a\mathrm{I}}{b\mathrm{I}} = \frac{b'\mathrm{J}'}{a'\mathrm{J}'}$, d'où $a\mathrm{I} \times a'\mathrm{J}' = b\mathrm{I}, b'\mathrm{J}'$. On prouve de même que $\mathrm{I}m \times \mathrm{J}'m' = a\mathrm{I} \times a'\mathrm{J}' =$ *constant.*

Par conséquent : *Quand deux droites sont divisées homographiquement, si l'on prend sur chacune le point correspondant à l'infini de l'autre, les distances de deux points homologues quelconques aux deux points ainsi déterminés ont leur produit constant.* (G. S. 120.)

Réciproquement : *Quand, à partir de deux points fixes sur deux droites, on prend deux points tels que le produit de leurs distances aux deux points fixes, respectivement, soit constant, ces deux points divisent les deux droites homographiquement.*

Car soit $am \times b'm' = \lambda$; c, c' étant deux points déterminés par la condition $ac \times b'c' = \lambda$; il en résulte :

$$\frac{am}{ac} = 1 : \frac{b'm'}{b'c'}; \text{ ou } \frac{am}{ac} : \frac{\infty m}{\infty c} = \frac{\infty'm'}{\infty'c} : \frac{b'm'}{b'c'}.$$

Donc m, m' divisent ac et $b'c'$ homographiquement, et a et b' sont les points des deux divisions qui correspondent à l'infini.

Soient a, a' deux points homologues de deux divisions homographiques et I, J' les points qui correspondent à l'infini, d'où $\mathrm{I}m \times \mathrm{J}'m' = a\mathrm{I} \times a'\mathrm{J}'$; $am = \mathrm{I}m - \mathrm{I}a$; et $a'm' = \mathrm{J}'m' - \mathrm{J}a'$.

Prenons $\mathrm{I}m = a'\mathrm{J}'$, d'où $\mathrm{J}'m' = a\mathrm{I}$; il en résulte $am = a'\mathrm{J}' - \mathrm{I}a = a'\mathrm{J}' + a\mathrm{I}$, et $a'm' = a\mathrm{I} - \mathrm{J}'a' = a\mathrm{I} + a'\mathrm{J}'$; donc $am = a'm'$.

Prenons $\mathrm{I}m = \mathrm{J}'a'$, d'où $\mathrm{J}'m' = \mathrm{I}a$; on trouve $am = -a'm'$.

Ainsi: *On peut toujours prendre, à partir d'un point donné de la première division, deux segments respectivement égaux à leurs homologues dans la seconde division, mais l'un avec son signe, l'autre avec un signe contraire.* (G. S. 127.)

Revenons à la relation $\frac{am}{bm} = \lambda \frac{a'm'}{b'm'}$. (2)

Pour déterminer la constante λ, il faut se donner un troisième système de points homologues fixes. Prenons pour ce système I et ∞', ou ∞ et J'. Il en résulte

$$\lambda = \frac{a\mathrm{I}}{b\mathrm{I}} \text{ et } \lambda = \frac{b'\mathrm{J}'}{a'\mathrm{J}'}, \text{ d'où } \frac{a\mathrm{I}}{b\mathrm{I}} = \frac{b'\mathrm{J}'}{a'\mathrm{J}'},$$

comme nous l'avions trouvé.

$\lambda = 1$ donne $a\mathrm{I} = b\mathrm{I}$, ce qui exige que le point I soit à l'infini, mais alors les divisions sont proportionnelles; donc, comme nous l'avions déjà vu:

Deux droites divisées en parties proportionnelles sont deux droites divisées homographiquement, avec cette circonstance particulière que les points à l'infini sont deux points homologues de division.

Les constantes A, B, C de la relation

$$hh' + \mathrm{A}h + \mathrm{B}h' + \mathrm{C} = 0 \qquad (3)$$

se déterminent facilement par la considération des points I et J'. En effet, $h = \infty$ donne $h' = -\mathrm{A}$; et $h' = \infty$ donne $h = -\mathrm{B}$. Ainsi, $-\mathrm{A}$, $-\mathrm{B}$ sont les distances à l'origine des points qui correspondent à l'infini. Par exemple, a étant l'origine pour la première division, et b' étant l'origine pour la seconde, $\mathrm{A} = -b'\mathrm{J}'$ et $\mathrm{B} = -a\mathrm{I}$.

$h = 0$ donne $\mathrm{C} = -\mathrm{B}h'$, et $h' = 0$ donne $\mathrm{C} = -\mathrm{A}h$.

Donc, C est le produit des distances à l'origine des deux points qui dans chaque division correspondent à l'origine et à l'infini, dans l'autre division. $C = al \times b'a'$, ou $C = b'J' \times ab$.

22. M. Chasles a résumé l'homographie dans un *principe* énoncé dans les *Comptes-rendus* (24 décembre 1855), qui donne immédiatement la relation (3), et conduit à un théorème général sur les coniques, dont ceux que nous venons de démontrer ne sont que des cas particuliers.

Voici ce principe :

Lorsqu'en traitant une question de géométrie où n'entrent pas de transcendantes (fonctions ou courbes), on est conduit à considérer deux séries de points sur deux droites distinctes, ou sur la même droite; s'il arrive qu'à un point de la première série il ne corresponde qu'un seul point de la seconde, et réciproquement, on peut en conclure immédiatement, et sans plus de recherches, que les deux séries sont homographiques.

En effet, prenons les deux droites pour axes et désignons par h, h' les distances de deux points homologues à l'origine. Puisque ces points ne peuvent pas être pris arbitrairement, il devra exister une relation $f(h, h') = 0$ qui sera algébrique et telle qu'à une valeur de h il ne corresponde qu'une seule valeur de h', et réciproquement. La relation ne peut donc être que de la forme

$$hh' + Ah + Bh' + C = 0. \qquad (3)$$

Il faudra se donner trois couples de valeurs de h, h' pour déterminer les coefficients A, B, C : il ne restera alors plus rien d'arbitraire, et deux valeurs correspondantes de h, h' feront connaître deux nouveaux points homologues.

Quatre points de l'une des séries et les quatre points correspondants de l'autre, doivent donc être liés par une certaine relation déterminée. On trouve facilement que cette relation consiste dans l'égalité du rapport anharmonique, ce qui ramène à la définition primitive des séries homographiques. (G. S. 149, ou tom. IV, pag. 390.)

23. Cela posé, en vertu de l'équation (3), la droite

$$\frac{y}{h'} + \frac{x}{h} = 1, \qquad (4)$$

qui passe par les deux points homologues des deux divisions homographiques, a une enveloppe. Substituant dans (4) la valeur $h' = -\frac{Ah + C}{B + h}$ que donne (3), l'équation de la droite dont il faut trouver l'enveloppe devient

$$(y + A)\,h^2 + (By - Ax + C)\,h - Cx = 0.$$

On obtient, comme l'on sait, l'enveloppe en éliminant h entre l'équation précédente et la dérivée par rapport à h. Il en résulte une conique

$$B^2y^2 + 2\,(2C - AB)\,xy + A^2x^2 + 2BCy + 2ACx + C^2 = 0. \quad (5)$$

Cette conique coupe les axes aux points donnés par les deux équations

$$B^2y^2 + 2BCy + C^2 = 0, \qquad A^2x^2 + 2ACx + C^2 = 0,$$

qui ont évidemment leurs racines égales; donc elle touche les axes, ou les deux droites sur lesquelles sont formées les divisions homographiques, aux points $x = 0$, $y = -\frac{C}{B}$; $x = -\frac{C}{A}$, $y = 0$. Mais la relation (3) montre que à $h = 0$ correspond $h' = -\frac{C}{B}$, et qu'à $h' = 0$ correspond $h = -\frac{C}{A}$; d'où ce théorème :

La courbe enveloppe des droites qui joignent deux à deux les points homologues de division homographique, sur deux droites données, est une conique tangente à chacune de ces droites au point qui a pour homologue leur intersection considérée comme point de l'autre droite. (G. S. 548.)

Ce théorème est d'ailleurs une conséquence immédiate du principe. En effet, d'après ce principe : *une tangente mobile d'une conique détermine sur deux tangentes fixes de la même conique deux divisions homographiques*, puisqu'à un point de l'une des divisions ne correspond qu'un seul point de l'autre, et réciproquement.

Cela posé, soient deux divisions homographiques sur deux droites. Ces deux droites et trois des droites qui joignent deux à deux des points homo-

logues, sont tangentes à une conique déterminée : si cette conique n'était pas tangente aux autres droites qui joignent deux à deux les autres points homologues, les tangentes à la conique par les points de l'une des droites données détermineraient une nouvelle série homographique sur l'autre droite, dont trois points coïncideraient avec celle qui existe déjà sur cette droite, et tous les autres points seraient différents, ce qui est impossible.

Lorsque $C = 0$, la relation (3) se réduit à $hh' + Ah + Bh' = 0$, ou à $-\frac{A}{h'} - \frac{B}{h} = 1$, et la droite $\frac{y}{h'} + \frac{x}{h} = 1$ passe par le point fixe $y = -A$, $x = -B$. Mais alors, à $h = 0$ correspond $h' = 0$, et le point d'intersection des deux droites est un point commun de division, ce qui ramène à un théorème déjà démontré, dont la réciproque est aussi une conséquence immédiate du principe.

$$h = \alpha \text{ donne } h' = -\frac{A\alpha + C}{B + \alpha}. \qquad h = \beta \text{ donne } h' = -\frac{A\beta + C}{B + \beta}.$$

Les droites qui joignent les points déterminés par α, β aux points correspondants pris inversement, ont pour équations

$$-\beta(\alpha + B)\,y + (A\alpha + C)\,x = \beta(A\alpha + C)$$
$$-\alpha(\beta + B)\,y + (A\beta + C)\,x = \alpha(A\beta + C)$$

et retranchant, on trouve qu'elles se coupent sur une troisième droite fixe

$$By + Ax + C = 0.$$

Cette troisième droite passe par le point $h' = -\frac{C}{B}$, qui correspond à $h = 0$, et par le point $h = -\frac{C}{A}$, qui correspond à $h' = 0$, ce qui est notre théorème fondamental.

Revenons à la relation (3). $h = \infty$ donne $h' = -A$, et $h' = \infty$ donne $h = -B$. Appelons I et J' les points de chaque droite qui correspondent à l'infini. $-B$ sera la distance à l'origine du point I et $-A$ sera celle du point J'.

Soient m, m' deux points homologues, dont les distances h, h' à l'origine sont liées par la relation (3). On a

$mI = h + B$; $m'J' = h' + A$; d'où $mI \times m'J' = (h + B)(h' + A)$;
or $(h + B)(h' + A) = hh' + Ah + Bh' + AB = AB - C = \text{const.}$;
donc $mI \times m'J' = \text{const.}$

La réciproque est évidente, car en convenant du sens dans lequel on porte les distances sur chaque droite, suivant le signe, à un point sur une droite ne correspond qu'un seul point sur l'autre.

Ou bien, α, β étant les distances de deux points fixes à l'origine, et h, h' les distances de deux points variables tels que $(h - \alpha)(h - \beta) = \text{const.}$, on a $hh' - \beta h - \alpha h' = \text{const.}$, ce qui est la relation (3), et l'on voit que les deux points fixes sont ceux qui dans chaque division correspondent à l'infini.

Par conséquent : si sur les côtés d'un angle on prend deux distances quelconques OA, OB à partir du sommet O, et si l'on détermine deux points m, m' tels que $mA \times m'B$ soit constant, la droite mm' a pour enveloppe une conique, etc.

Continuons le développement des conséquences du principe.

24. *Si les trois sommets d'un triangle* ABC *(fig. 5) glissent sur les droites fixes* DF, EF, ED, *et si deux côtés* BA, CA *pivotent sur deux points fixes* P *et* Q, *le troisième côté* BC *enveloppe une conique.*

Car en se donnant une position du sommet A sur DF et menant PA, QA, ces droites déterminent les positions correspondantes des deux autres sommets B et C sur EF et DE : donc les points B et C décrivent sur les deux droites EF, DE deux divisions homographiques; par conséquent l'enveloppe du troisième côté BC est une conique tangente à ces deux droites.

Lorsque les trois droites sur lesquelles glissent les trois sommets du triangle concourent en un même point, ce point est un point commun de division homographique, et l'enveloppe du côté BC se réduit à un point situé évidemment sur la droite PQ.

Donc : *Si les trois sommets d'un triangle glissent sur trois droites concourantes en un même point, et si deux côtés pivotent sur deux points fixes, le troisième côté pivote sur un troisième point fixe en ligne droite avec les deux autres.* (G. S. 337.)

Par conséquent : *Si deux triangles ont les sommets sur trois droites concourantes en un même point, les côtés correspondants se coupent en trois points situés sur la même droite.*

Généralement : *Si les* n *sommets d'un polygone glissent sur autant de droites fixes, et si* n — 1 *côtés pivotent sur autant de points fixes, le quatrième côté et chacune des diagonales enveloppent une conique.*

Car en se donnant la position d'un sommet sur la droite qui le contient, et joignant ce sommet au point fixe par lequel passe le côté, on a la position correspondante du sommet suivant sur la droite qui le contient, et ainsi de suite. Donc deux sommets quelconques décrivent deux divisions homographiques sur les droites qui les contiennent, et l'enveloppe de la droite qui les joint est une conique.

N. B. La conique se réduit à un point fixe pour le côté qui pivote sur ce point fixe, parce que le sommet du polygone devient un point commun de division homographique sur ce côté et le suivant, ce qui n'arrive ni pour aucune des diagonales, ni pour le $n^{ième}$ côté.

Mais cela arriverait si toutes les droites sur lesquelles glissent les sommets concouraient en un même point ; donc :

Si les droites sur lesquelles glissent les n *sommets d'un polygone concourent en un même point, et si* n — 1 *côtés pivotent sur autant de points fixes, le* $n^{ième}$ *côté pivote sur un point fixe, ainsi que chacune des diagonales.* (G. S. 338.)

25. *Conique tangente à cinq droites.* Soit (*fig.* 5) le pentagone PDEFQP formé par les cinq droites. Joignons un point quelconque A de la diagonale DF aux sommets P et Q. Nous aurons un triangle ABC dont les sommets glissent sur trois droites fixes DF, EF, DE, et dont les deux côtés BA, CA pivotent sur deux points fixes P et Q. Par conséquent, le troisième côté BC a pour enveloppe une conique. Cette conique est tangente aux cinq côtés du pentagone ou aux cinq droites données.

En effet, nous avons déjà vu qu'elle est tangente aux droites DE, EF, sur lesquelles BC détermine deux divisions homographiques.

Lorsque le point A vient en D, le point C vient aussi en D et le point B se trouve à l'intersection de PD avec EF; donc PD passe par deux points

homologues de division homographique, et par conséquent la conique est aussi tangente à la troisième ligne PD. Elle est aussi tangente à la quatrième ligne PQ qui passe par deux points de division homologues, si le point A vient à l'intersection de PQ avec DF. Elle est enfin tangente à la cinquième ligne EF qui passe par deux points de division homologues, si le point A vient en F. La conique est donc complètement déterminée.

Rien de plus facile que de trouver directement le point de contact sur chacun des côtés. Car, par exemple, le point de contact sur le côté DE a pour homologue le point E considéré comme appartenant à l'autre côté EF. Or, on obtient le point E sur EF lorsque le point A vient en G à l'intersection des diagonales PE, DF ; par conséquent, en joignant QG, cette droite donne le point de contact H sur le côté DE.

Ainsi : *En joignant un sommet quelconque du pentagone avec l'intersection des diagonales du quadrilatère formé par les quatre autres sommets, on a une droite passant par le point de contact de la conique avec le côté opposé.*

Par conséquent : *Le problème qui consiste à décrire une conique tangente à cinq droites se ramène au problème qui consiste à décrire une conique passant par cinq points.*

26. *Théorème de Brianchon.* Soit un hexagone PDCBFQP circonscrit à une conique. Prolongeons deux côtés DC, FB adjacents à un même côté BC jusqu'à leur rencontre en E. Il en résultera un pentagone PDEFQ circonscrit à la même conique. Cette conique sera l'enveloppe d'une droite B'C' que l'on obtiendrait en joignant les deux sommets P et Q à un point A' de la diagonale DF. Donc, la droite B'C' viendra dans une de ses positions coïncider avec le sixième côté BC de l'hexagone, et le point A' sera alors en A sur DF. Par conséquent, les diagonales CQ, BP qui joignent les sommets opposés de l'hexagone se coupent en A sur la troisième diagonale DF.

Donc : *Lorsqu'un hexagone est circonscrit à une conique, les diagonales qui joignent les sommets opposés se coupent en un même point.*

§ III. Faisceaux homographiques.

M. Chasles a étendu son principe à deux faisceaux de droites issues de deux points distincts ou d'un même point, et résultant d'une même construction géométrique : *S'il arrive qu'à une droite de l'un des faisceaux il ne corresponde qu'une seule droite de l'autre, et réciproquement, on peut en conclure immédiatement et sans plus de recherches que les faisceaux sont homographiques.*

Deux faisceaux homographiques sont déterminés par leurs centres et les divisions homographiques qu'ils forment sur deux transversales quelconques; ainsi, il suffit de se donner trois rayons de l'un des faisceaux et les trois rayons correspondants de l'autre.

Quatre rayons de l'un des faisceaux et leurs homologues doivent donc être liés par une relation déterminée. Or, on appelle *rapport anharmonique de quatre droites* le rapport des sinus des angles que l'une des droites fait avec deux des autres, divisé par le rapport des sinus des angles que la quatrième droite fait avec ces deux-là, et on démontre que le rapport anharmonique de quatre droites est égal à celui des quatre points d'intersection avec une transversale quelconque; ainsi la relation consiste dans l'égalité du rapport anharmonique de quatre rayons du premier faisceau et des quatre rayons homologues du second, ce qui ramène à la définition primitive des faisceaux homographiques (G. S. 99.)

Cela posé, soient deux faisceaux homographiques ayant pour centres O, O'; coupons-les par deux transversales quelconques passant respectivement par ces deux centres, et prenons ces transversales pour axes.

Deux rayons homologues quelconques donneront sur les axes deux segments h, h' liés par la relation

$$hh' + Ah + Bh' + C = 0 \qquad (3)$$

dont les constantes seront déterminées si l'on connaît trois rayons particuliers du premier faisceau et leurs homologues du second.

k, k' étant les distances des centres à l'origine, les équations de deux rayons homologues sont

$$\frac{y}{k'} + \frac{x}{k} = 1, \qquad \frac{y}{k'} + \frac{x}{h} = 1.$$

En éliminant h, h' entre ces deux équations et la relation (3), on aura le lieu géométrique des intersections des rayons homologues des deux faisceaux. On trouve pour ce lieu une conique

$$Bky^2 - (kk' + C)xy + Ak'x^2 + k(C - Bk')y + k'(C - Ak)x - Ckk' = 0.$$

Cette équation étant satisfaite par $x = k$, $y = 0$ et par $x = 0$, $y = k'$, la conique passe par les centres O, O′ des deux faisceaux.

Ainsi : Deux cordes menées d'un point quelconque de la conique aux deux centres O, O′, sont deux rayons homologues des deux faisceaux, d'où il suit que la ligne des centres OO′, considérée comme rayon de l'un des faisceaux, a pour homologue la tangente à la conique par le centre de l'autre faisceau. Il est d'ailleurs facile de le vérifier par le calcul.

On a donc ce nouveau théorème de M. Chasles :

La courbe, lieu des intersections successives des rayons homologues de deux faisceaux homographiques, est une conique qui passe par les centres des deux faisceaux et a pour tangente, en chacun de ses points, le rayon homologue de la ligne des centres, considérée comme rayon de l'autre faisceau. (G. S. 541.)

Ce théorème est une conséquence immédiate du principe qui résume l'homographie des faisceaux.

En effet, *si l'on joint respectivement chacun des points d'une conique à deux points fixes de la conique, on forme deux faisceaux homographiques;* car à une droite de l'un il ne correspond qu'une droite de l'autre, et réciproquement.

Cela posé, soient deux faisceaux homographiques. Les deux centres et les trois points qui résultent de l'intersection de trois rayons du premier par leurs homologues du second déterminent une conique. Si les autres rayons homologues ne se coupaient pas sur cette conique, les droites menées par le centre de l'un des faisceaux aux intersections des rayons de l'autre avec

la conique formeraient un nouveau faisceau homographique du second, ayant trois rayons communs avec le premier, et tous les autres rayons seraient différents, ce qui est impossible.

Lorsque la ligne des centres est un rayon commun des deux faisceaux, cette droite fait donc partie de la conique, et les autres rayons homologues se coupent en des points situés sur une autre droite.

En effet, k et k' satisfont alors à la relation (3), et

$$kk' + Ak + Bk' + C = 0 \text{ ; d'où } Ak + Bk' = -(kk' + C),$$

ce qui ramène l'équation de la conique à la forme

$$(ky + k'x - kk')(By + Ay + C) = 0.$$

Elle se réduit à deux droites dont l'une $ky + k'x - kk' = 0$ est la ligne des centres ou le rayon commun, et dont l'autre $By + Ax + C = 0$ est le lieu des intersections des autres rayons homologues.

Ainsi : *Lorsque deux faisceaux homographiques ont pour rayon commun la ligne des centres, les rayons homologues se coupent respectivement en des points situés sur la même droite.* (G. S. 43.)

Réciproquement : *Quand des rayons issus de deux points fixes se coupent, deux à deux, en des points situés en ligne droite, ces rayons forment deux faisceaux homographiques.* Car à une droite de l'un des faisceaux il ne correspond qu'une seule droite du second, et réciproquement.

N. B. Nous avions déjà trouvé la droite $By + Ax + C = 0$ pour le lieu des intersections des droites telles que ba', ab', qui joignent deux points d'une division aux deux points correspondants de la division homographique pris inversement. Et en effet, en prenant a, a' pour les centres des deux faisceaux, ab', ba' sont des rayons homologues ainsi que ac', ca', et la ligne des centres aa' est un rayon commun.

On voit que la démonstration subsiste si l'on prend pour centres des deux faisceaux deux points quelconques p, p' situés sur une droite aa', passant par deux points homologues des deux divisions, car pp' est un rayon commun des deux faisceaux.

Si par le point d'intersection de deux rayons homologues de deux faisceaux homographiques, on mène deux transversales qui rencontrent les

faisceaux en deux séries de points, les droites qui joindront les points de rencontre de la première transversale aux points de rencontre de la seconde, un à un, respectivement, concourront en un même point. (G. S. 107.) Car on aura sur les deux transversales deux divisions homographiques, et leur intersection sera un point commun de division.

En considérant deux rayons homologues comme deux transversales, il en résulte ce nouveau théorème :

Étant donnés deux faisceaux homographiques, si l'on prend dans le premier deux rayons quelconques A, B, *et dans le second les rayons homologues* A′, B′, *la droite qui joindra l'intersection des deux rayons non homologues* A, B′ *au point d'intersection des deux autres* B, A′ *passera par l'intersection des deux rayons qui correspondent chacun à la ligne des centres, considérée comme rayon de l'autre faisceau.* (G. S. 111.)

Cela résulte d'ailleurs du théorème général, car les centres O, O′ des deux faisceaux et les deux points d'intersection de A avec A′ et de B avec B′, forment un quadrilatère inscrit à la conique. La droite qui joint l'intersection de A avec B′ à celle de B avec A′, est la polaire du point de concours de OO′ avec le côté opposé ; donc cette polaire passe par le pôle de OO′, ou par le point de concours des tangentes à la conique en O et O′.

Comme on peut prendre trois droites quelconques pour rayons de l'un des faisceaux, et trois autres droites quelconques pour rayons correspondants de l'autre, il en résulte cette conséquence :

Quand trois angles A, B, C *sous-tendent une même corde* OO′, *pris deux à deux ils en sous-tendent une seconde, et les trois cordes ainsi déterminées se coupent en un même point.* (G. S. 111.)

Si les trois côtés d'un triangle ABC *(fig. 6) pivotent sur trois points fixes* P, Q, R, *et si deux sommets* B *et* C *glissent sur deux droites fixes* EF, ED, *le troisième sommet* A *décrit une conique.*

Car le côté BC en tournant autour du point fixe P divise homographiquement les deux droites EF, ED. Donc QB, RC sont des rayons homologues de deux faisceaux homographiques, et leur intersection A décrit une conique qui passe par le point E, puisque ce point est un point commun de division. Les tangentes en Q et en R sont les homologues de la ligne QR.

considérée comme rayon de chaque faisceau ; par conséquent, ces tangentes sont faciles à construire.

Si les trois points P, Q, R sur lesquels pivotent les trois côtés sont sur la même droite, cette droite passe par deux points de division homologues, ou devient un rayon commun des deux faisceaux, et la conique se réduit à deux droites, dont l'une est celle qui passe par les trois points fixes et dont l'autre, lieu du sommet A, passe par le point E.

Donc : *Si les trois côtés d'un triangle pivotent sur trois points en ligne droite, et si deux sommets glissent sur deux droites fixes, le troisième sommet glisse sur une troisième droite fixe qui passe par le point de concours des deux autres.*

Et par suite : *Si les côtés de deux triangles se coupent respectivement en trois points situés en ligne droite, les sommets sont situés sur trois droites qui concourent en un même point.*

Généralement : *Si les* n *cotés d'un polygone pivotent sur autant de points fixes, et si tous les sommets, moins un, glissent sur autant de droites fixes, le dernier sommet décrira une conique, et le point de concours de deux côtés quelconques non contigus décrira aussi une conique.*

Car lorsqu'un côté pivote sur un point fixe, les deux extrémités décrivent deux divisions homographiques sur les deux droites qu'ils parcourent ; donc, les deux côtés adjacents sont des rayons homologues de deux faisceaux homographiques qui ont pour centres les deux points sur lesquels ils pivotent ; par conséquent leur intersection décrit une conique. Il en sera de même de l'intersection de deux côtés quelconques non consécutifs, et par conséquent du dernier sommet.

Si tous les points fixes étaient en ligne droite, cette droite serait un rayon commun de toutes les divisions homographiques, et chaque conique se réduirait à deux droites, dont l'une serait celle des points fixes.

Donc : *Si les côtés d'un polygone pivotent sur autant de points en ligne droite, et si tous les sommets, moins un, glissent sur autant de droites fixes, le dernier sommet glisse sur un droite fixe, et le point de concours de deux côtés quelconques non contigus décrira aussi une droite.* (G. S. 335.)

Conique passant par cinq points. Soit EDQRFE (*fig.* 6) le pentagone

formé par les cinq points. Prolongeons deux côtés adjacents à un même côté QR du pentagone jusqu'à leur rencontre en P, et par ce point P menons une droite coupant les deux autres côtés EF, ED en B et en C. Joignons ensuite BP et CR se coupant en A. Il en résultera un triangle BAC dont les côtés pivotent autour de trois points fixes P, Q, R, et dont les deux sommets B et C glissent sur deux droites fixes ED, EF ; donc le troisième sommet A décrit une conique.

Cette conique passe par les cinq sommets du pentagone ou par les cinq points donnés. En effet, nous avons vu qu'elle passe par les trois sommets Q, R et E.

Lorsque BC vient coïncider avec le côté QD, ce côté QD et RD sont des rayons homologues ; donc la conique passe par le quatrième sommet D.

Lorsque BC vient coïncider avec RF, le côté RE et QF sont des rayons homologues ; donc la conique passe aussi par le cinquième sommet F.

N. B. On peut trouver directement la tangente en chacun des cinq points. Car nous savons que la tangente en Q est homologue du rayon QR, considéré comme rayon de l'autre faisceau qui a son centre en R. Donc, si l'on prolonge RQ coupant ED en T, la droite qui joint le point T au point P et la tangente en Q doivent couper EF au même point.

Ainsi : pour trouver la tangente en chacun des sommets, on prolongera le côté opposé jusqu'à la rencontre de la troisième diagonale du quadrilatère complet formé par les quatre autres côtés, et l'on joindra ce point au sommet donné.

Par conséquent, le problème qui consiste à décrire une conique passant par cinq points donnés se ramène, à son tour, au problème qui consiste à décrire une conique tangente à cinq droites données.

27. *Théorème de Pascal.* Soit un hexagone EDQARFE inscrit à une conique. Joignons deux sommets R et Q séparés seulement par un troisième. Il en résultera un pentagone EDQRFE inscrit à la conique, et cette conique sera décrite par le sommet A′ du triangle A′B′C′, que l'on obtiendrait en menant une droite quelconque par le point P, où se coupent les côtés FR, DQ du pentagone, et en joignant les points B′, C où cette droite coupe les côtés ED, EF du pentagone respectivement aux sommets Q et R. Donc, le

point A′ viendra dans une de ses positions coïncider avec le sommet A de l'hexagone, et les trois points B, P, C où se coupent les côtés opposés de l'hexagone étant en ligne droite, il en résulte ce théorème:

Dans tout hexagone circonscrit à une conique, les côtés opposés se coupent en trois points situés sur une même droite.

28. *N. B.* On aura sans doute remarqué la corrélation qui existe entre les théorèmes sur les divisions homographiques et les théorèmes sur les faisceaux homographiques. On pouvait la prévoir, car par la théorie des *polaires réciproques*, deux divisions homographiques se transforment en deux faisceaux homographiques, et réciproquement. Ainsi, on aurait pu conclure chacun des théorèmes du § 3 de ceux du § 2, sans qu'il fût besoin de nouvelle démonstration. Mais, comme le fait observer M. Chasles, il ne suffit pas qu'une proposition soit vraie pour qu'on puisse en faire un usage utile en mathématiques ; il faut encore connaître toutes ses dépendances avec les diverses propositions qui se rattachent au même sujet, et la méthode des polaires réciproques a le défaut de laisser ignorer, généralement, comment une proposition que l'on a découverte par son secours, se rattache à une théorie et peut s'y démontrer directement. (G. S., chap. XVII, 608-609.) C'est ce qui a conduit M. Chasles à constituer séparément la théorie des divisions homographiques et celle des faisceaux homographiques. Il en est résulté non-seulement une nouvelle preuve du *principe de la dualité*, mais la possibilité de trouver directement et tout aussi facilement chacun des théorèmes corrélatifs. Voici un nouvel exemple de la corrélation des deux théories.

Revenons aux théorèmes généraux sur le triangle.

Pendant que le sommet A du triangle BAC (*fig.* 5) glisse sur DF, le côté BC divise homographiquement les droites DE, EF sur lesquelles glissent les sommets C et B. Donc, en joignant PC, QB on a deux rayons homologues de deux faisceaux homographiques, et leur point d'intersection décrit une conique passant par les centres P et Q des deux faisceaux ; d'où résulte ce théorème :

Dans un triangle variable, si deux côtés pivotent sur un point fixe, si deux sommets glissent sur deux droites fixes et si le troisième côté enveloppe une conique tangente aux deux droites fixes sur lesquelles glissent

les sommets adjacents, le troisième sommet décrira une nouvelle conique passant par les deux points fixes sur lesquels pivotent les deux autres côtés.

De même, pendant que le côté BC du triangle BAC (*fig.* 6) pivote sur le point P, les côtés BA, CA divisent homographiquement les droites EC, EB sur lesquelles glissent les sommets C et B. Donc, la ligne GH joint deux points homologues de deux divisions homographiques; par conséquent, le troisième côté GH du triangle variable GAH enveloppe une conique tangente aux deux droites fixes EB, EC; d'où résulte ce théorème, corrélatif du précédent :

Dans un triangle variable, si deux sommets glissent sur deux droites fixes, si deux côtés pivotent sur un point fixe et si le troisième sommet décrit une conique passant par les deux points fixes sur lesquels pivotent les côtés adjacents, le troisième côté décrira une conique tangente aux deux droites sur lesquelles glissent les deux autres sommets.

Ces théorèmes s'étendent à des polygones quelconques par la décomposition en triangles.

§ IV. Divisions homographiques sur la même droite.

28. Voyons maintenant comment on peut former des divisions homographiques sur la même droite, en faisant correspondre trois points quelconques a, b, c de la droite respectivement à trois autres points quelconques a', b', c'.

Supposons ces points sur deux droites superposées, et séparons ces droites de manière que a, b, c restant sur la première, a', b', c' se transportent sur une parallèle (*fig.* 4). Formons les divisions homographiques sur les deux parallèles comme nous l'avons expliqué ; et cela fait, superposons de nouveau les deux droites de manière que a', b', c' reprennent leurs positions primitives: il en résultera deux divisions homographiques sur la même droite, et on voit en particulier avec quelle facilité on trouve les points I et J' qui correspondent à l'infini.

29. *Points doubles.* Prenons deux points quelconques pour centres de deux faisceaux homographiques déterminés par les deux divisions. Deux

rayons homologues ne pourront se couper sur la droite que s'ils correspondent à deux points homologues *coïncidents* ou à deux *points doubles* des deux divisions.

Or, nous savons que le lieu des intersections des rayons homologues de deux faisceaux homographiques est une conique; donc la conique coupe la droite en des points doubles des deux divisions et ne peut la couper qu'en ces points.

La position de ces points doubles est indépendante de celle des centres des deux faisceaux; car en les joignant respectivement à chacun des deux nouveaux centres, on aurait deux rayons homologues des nouveaux faisceaux, et la nouvelle conique couperait la droite aux mêmes points que la première.

Donc : *Deux divisions homographiques tracées sur la même droite peuvent avoir deux points doubles, et ne sauraient en avoir plus de deux.*

Si la conique est tangente à la droite, les points doubles coïncident.

Si la conique ne rencontre pas la droite, les points doubles sont imaginaires.

Si la conique a des branches infinies et si la droite est parallèle à une asymptote, les points doubles sont à l'infini.

La détermination des points doubles est très-importante, car on voit, par exemple, qu'elle conduit à la solution de ce problème :

Trouver, sans tracer la courbe, l'intersection d'une droite avec une conique passant par cinq points donnés.

En effet, prenons deux des cinq points pour centres des deux faisceaux, et joignons respectivement ces centres à chacun des trois autres points. Il en résultera sur la droite trois systèmes de points homologues de deux divisions homographiques, dont les points doubles seront les intersections de la droite avec la conique.

Chacun des points doubles peut tenir lieu d'un système de points homologues des deux divisions. Par conséquent, lorsque les points doubles existent, et que l'on connaît un de ces points, il suffit de se donner en outre deux systèmes de points homologues, et l'on obtient plus simplement les divisions homographiques, en opérant deux transformations d'une même droite passant par le point double.

En effet, soit e le point double (*fig.* 7) et a, a'; b, b' deux systèmes de points homologues sur la droite M. Prenons deux points quelconques α, β sur une droite L passant par le point double e. $a\alpha$, $b\beta$ déterminent le premier point de concours E, et $a'\alpha$, $b'\beta$ déterminent le second point de concours E'. La droite EE' coupe la droite M en un point f qui est le second point double. Car EE' sera toujours la direction commune de deux rayons homologues, quels que soient les points α, β, et quelle que soit la direction de la droite L.

Si l'on mène par le point E une parallèle coupant L en j, et si l'on joint jE', on trouve sur la droite M le point J' de la seconde division qui correspond à l'infini de la première. Si l'on mène par le point E' une parallèle coupant L en i, et si l'on joint Ei, on trouve le point I de la première division qui correspond à l'infini de la seconde.

Or, la médiane du triangle epj qui passe par le sommet p, passe par l'intersection des diagonales du trapèze EjiE', et par suite par le milieu de ef et par le milieu de IJ'; donc : *Le milieu des deux points doubles est aussi le milieu des deux points qui correspondent à l'infini.* (G. S. 152.)

Par la transformation : $\frac{ea}{fa} = \omega \frac{e\alpha}{ep}$ et $\frac{ea'}{fa'} = \omega' \frac{e\alpha}{ep}$; donc $\frac{ea}{fa} = \lambda \frac{ea'}{fa'}$, et généralement $\frac{em}{fm} = \lambda \frac{em'}{fm'}$.

Ainsi : *Le rapport des distances d'un point quelconque de la première division aux deux points doubles est au rapport des distances du point homologue aux deux mêmes points, dans une raison constante.* (G. S. 153.)

Réciproquement : la relation $\frac{em}{fm} = \lambda \frac{em'}{fm'}$ détermine sur une droite deux divisions homographiques dont e et f sont les points doubles. Car si m coïncide avec e, on a $em = 0$, et par suite $em' = 0$; donc m' coïncide aussi avec e. Si m coïncide avec f, on a $fm = 0$, et par suite $fm' = 0$; donc m' coïncide aussi avec f.

On trouve la valeur de la constante λ en se donnant en outre un système de points homologues. Si l'on se donne I et ∞', il en résulte $\lambda = \frac{el}{fl}$. Ainsi : $\frac{em}{fm} = \frac{el}{fl} \cdot \frac{em'}{fm'}$.

30. *Construction des points doubles.* Si nous considérons le point O milieu de *ef* et son homologue O′, on a, par la formule qui précède, $\frac{eO}{fO} = \frac{eI}{fI} \cdot \frac{eO'}{fO'}$; et à cause de $eO = fO$, il vient $\frac{fO'}{eO'} = \frac{eI}{fI}$. Prenons le point O pour origine des segments. En tenant compte du signe d'après la direction des segments,

$$eO^2 = -\,OO' \times OI\,;\ \text{ou comme } OJ' = -\,OI,$$
$$eO^2 = OO' \times OJ'.$$

Donc, pour construire les points doubles, on déterminera les points I et J′ et le point O′ homologue de leur milieu O. Une moyenne proportionnelle entre OO′ et OJ′ fera connaître la distance des points doubles à leur milieu O.

N. B. On voit que les deux points doubles sont *imaginaires*, quand les points O′ et J′ ne se trouvent pas du même côté du point O.

L'analyse donne très-simplement tous ces résultats. En effet, les deux divisions homographiques sont déterminées par la relation

$$hh' + Ah + Bh' + C = 0 \qquad (3)$$

où h, h' représentent les distances de deux points homologues à un même point de la droite pris pour origine. $A = -\,aJ'$, $B = -\,aI$, et $C = aa' \times aI$. Ainsi on a la relation

$$hh' - aJ'.h. - AI.h' + aa'.aI = 0.$$

Si l'on veut que deux points homologues coïncident ou que $h = h'$, les points doubles sont donnés par l'équation du second degré

$$x^2 - (aJ' + aI)\,x + aa' - aI = 0.$$

La distance à l'origine du milieu des deux points doubles est $\frac{1}{2}(aJ' + aI)$ qui est aussi la distance à l'origine du milieu des deux points I et J′.

Prenant pour origine ce milieu commun O qui a pour homologue O′, en remarquant que $OI + OJ' = OI - OI = 0$; on a :

$$x^2 + OO' \times OI = 0\,;\ \text{d'où } x^2 = OO'.OJ'.$$

Si l'un des points doubles est l'origine, la relation est $hh' + Ah + Bh' = 0$

et les points doubles sont donnés par $x^2 + (A + B)x = 0$, d'où $x = 0$, $x' = -(A + B)$. Or $\frac{h}{h - x'} = -\frac{A}{B}\frac{h'}{h' - x'}$, ce qui est la relation

$$\frac{em}{fm} = \lambda \frac{em'}{fm'}.$$

31. *Cas où l'un des points doubles est à l'infini.* Supposons que la droite L devienne parallèle à la droite M (*fig.* 8). ab, bc sont proportionnels à $\alpha\beta$, $\beta\gamma$,... et il en est de même de $a'b'$, $b'c'$; donc les deux divisions sont ***semblables***.

Le point double e est à l'infini. Pour déterminer l'autre point double f, on a : $\frac{af}{a'f} = \frac{ab}{a'b'}$. Ainsi, portant sur deux parallèles par a et a' deux segments am, $a'm'$ proportionnels à ab et à $a'b'$, la droite mm' coupera M au point cherché f. Si ab et $a'b'$ sont de direction contraire, on portera les segments de différents côtés.

Autrement. Sur ab' et sur ba' décrivons deux circonférences passant par un même point quelconque g; elles se couperont en un autre point g', et la corde gg' déterminera le point double f, car $fa \times fb' = fa' \times fb$; d'où $\frac{fa}{fa'} = \frac{ab}{a'b'}$. (G. S. 157, 158.)

Cas où les deux points doubles sont à l'infini. Le second point double f passe aussi à l'infini si la ligne EE' est en outre parallèle à la ligne M. Alors $ab = a'b' = \alpha\beta$. Par conséquent les divisions sont égales entre elles, mais formées dans le même sens.

Cas où les points doubles coïncident. Si la ligne EE' passe par un point double e, l'autre point double f coïncide avec e, et on voit facilement que ce point e est le milieu des points I et J'.

Donc : *Les deux points doubles coïncident avec le milieu des deux points qui correspondent à l'infini.*

Par conséquent, si l'on transforme la droite en prenant pour origine le point O, ou plus généralement l'axe des y passant par le point O, il en résulte deux divisions égales et de même sens sur la nouvelle droite.

En d'autres termes : *Quand on a sur une même droite deux divisions homographiques dont les points doubles coïncident, on peut en faire la*

perspective, de manière que les segments homologues deviennent égaux entre eux. (G. S. 170.)

M. Chasles (G. S., ch. xv) a résolu un très-grand nombre de questions dont la solution se ramène à la construction des points doubles de deux divisions homographiques sur la même droite.

Pour donner une idée de la méthode, nous choisirons pour exemple la résolution de l'équation du second degré $ax^2 + bx + c = 0$. En l'écrivant sous la forme $axx' + bx + c = 0$ et considérant x, x' comme les distances de deux points m, m' à une origine commune sur une droite indéfinie, l'équation exprime que les deux points forment deux divisions homographiques sur la droite, et les points doubles font connaître les deux racines.

Or, $x' = \infty$ donne $x = 0$, ce qui prouve que l'origine est le point I. $x = \infty$ donne $x' = -\frac{b}{a}$ pour la distance du point J' au point I; par conséquent, la distance du milieu O de ces points est $-\frac{b}{2a}$.

La distance des points doubles au point O est $\sqrt{\overline{OO'} \times \overline{OJ'}}$. Cherchons le point O' homologue de O. En faisant $x = -\frac{b}{2a}$, on trouve

$$x' = \frac{-b^2 + 2ac}{ab}, \text{ et par suite } OO' = \frac{-b^2 + 4ac}{2ab};$$

et comme $OJ' = -\frac{b}{2a}$, il en résulte $\sqrt{\overline{OO'} \times \overline{OJ'}} = \frac{\sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$,

et enfin $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$. (G. S. 313.)

On trouve dans le même chapitre des exemples de résolution d'un système d'équation du premier ou du second degré à plusieurs inconnues.

Voyons maintenant comment on peut trouver directement les points doubles e et f au moyen des trois systèmes de points homologues a, a'; b, b' et c, c' qui déterminent deux divisions homographiques.

Ces trois systèmes doivent satisfaire à la relation

$$hh' + Ah + Bh' + C = 0, \qquad (3)$$

et les points doubles sont donnés par l'équation du second degré

$$x^2 + (A + B)x + C = 0.$$

Appelons α la valeur de h qui correspond à a, la valeur de h' qui correspond à a' est $-\frac{A\alpha + C}{B + \alpha}$.

De même β étant la valeur de h qui correspond à b, la valeur de h' qui correspond à b' est $-\frac{A\beta + C}{B + \beta}$.

Les cercles décrits sur ef, ab' et ba' comme diamètres sont

$$y^2 + x^2 + (A + B)x + C = 0.$$

$$y^2 + x^2 + \left(\frac{A\beta + B}{B + \beta} - \alpha\right)x - \frac{A\beta\alpha + C\alpha}{B + \beta} = 0;$$

$$y^2 + x^2 + \left(\frac{A\alpha + C}{B + \alpha} - \beta\right)x - \frac{A\alpha\beta + C\beta}{B + \alpha} = 0.$$

La corde commune du premier et du second s'obtient en retranchant les deux équations, ce qui donne une équation

$$-[\alpha\beta + B(\alpha + \beta) + AB - B^2]x = A\alpha\beta + C(\alpha + \beta) + BC$$

symétrique en α et β; donc cette corde est aussi commune au premier et au troisième cercle : ainsi les trois cercles ont une même corde commune, et il est évident qu'il en sera de même si aux deux points b, b' on substitue c, c'.

Cela posé, décrivons des circonférences sur les quatre segments ab', ba', ac' et ca' comme diamètres, et par les points d'intersection des deux premières et les points d'intersection des deux autres faisons passer une circonférence, elle déterminera sur la droite les deux points doubles e et f. (G. S. 263.)

M. Chasles indique une autre construction, tout aussi élégante, que nous allons démontrer.

Soit O le point où la corde commune des circonférences décrites sur ef, ab' et ba' comme diamètres, coupe la droite. On aura

$$Oe \times Of = Oa \times Ob' = Oa' \times Ob'.$$

Décrivons trois autres circonférences ayant pour cordes ef, ab' et ba' et passant par un même point quelconque g. Elles se couperont en un autre point g', et la corde gg' passera par le point O.

En effet, joignons gO et soient g', g'', g''' les points où cette droite coupe les trois circonférences. On aura

$$Og \times Og' = Oe \times Of, \qquad Og \times Og'' = Oa \times Ob',$$
$$\text{et} \quad Og \times Og''' = Oa' \times Ob.$$

Mais les seconds membres étant égaux, les premiers doivent l'être ; donc : $Og' = Og'' = Og'''$, et les trois points g', g'', g''' coïncident.

Cela posé, par un point g, pris arbitrairement, on fera passer deux circonférences de cercle qui aient pour cordes, respectivement, les deux segments ab' et ba'. Ces circonférences se couperont en un point g'. Par le même point g on fera passer deux autres circonférences ayant pour cordes, respectivement, les deux segments ac' et ca', lesquelles se couperont en un autre point g''. La circonférence menée par les trois points g, g', g'' détermine sur la droite les deux points doubles. Car la circonférence ayant pour corde ef et passant par le point g, doit aussi passer par le point g' et par le point g''.

Nous retrouverons ces deux constructions par la théorie de l'*involution*, à laquelle elles se rapportent.

§ V. Théorie de l'involution.

Nous avons vu qu'une droite se repoduit lorsqu'elle passe par le point de concours.

Des points quelconques a, b, c... de la droite, et les transformés a', b', c'.... forment deux divisions homographiques dont les *points doubles* sont le point de concours et l'intersection de la droite avec la parallèle fixe. Mais ces divisions homographiques ne sont plus générales, car les points homologues se reproduisent réciproquement, et les divisions jouissent de cette propriété particulière qu'on peut intervertir entre eux les points homologues, d'où il résulte qu'*un même point quelconque considéré comme appartenant, soit à la première division, soit à la seconde, a toujours le même homologue*. (G. S. 174.)

En outre, O étant le milieu des deux points doubles, $Om \times Om' = Oe^2$.

Ainsi : *Il existe un point dont le produit des distances à deux points homologues est constant.*

Réciproquement : si l'on se donne sur une droite un point O tel que le produit $Om \times Om'$ soit constant, les points m, m' forment, sur la droite, deux divisions homographiques dont on peut intervertir les points homologues. Les points doubles sont réels ou imaginaires suivant que le produit est positif ou négatif ; mais on ne peut reproduire la droite que lorsque les points doubles sont réels, ce qui exige que les points homologues soient d'un même côté du point O.

Ces divisions homographiques particulières sont appelées *divisions en involution*. e et f sont les *points doubles de l'involution* ; O est le *point central* ou le *centre de l'involution*, et l'on dit que les points homologues sont des *points conjugués*.

Étant données deux divisions homographiques sur la même droite, ayant deux points doubles, prenons un des points doubles e pour point de concours et la parallèle fixe passant par l'autre point double f. Les points a, b, c... de la première division ne reproduiront pas généralement les points homologues a', b', c'... de la seconde ; mais s'il arrive qu'un point quelconque a de la première division se transforme en son homologue a', il en sera de même pour tous les autres. Car a, b, c... se transformant en a', B, C..., ces derniers points formeront avec a', b', c' deux divisions homographiques ayant trois points communs e, f, a' ; donc B doit coïncider avec b' ; C avec c', etc... Par conséquent, les divisions primitives se reproduisant en même temps que la droite, sont en involution.

Ou bien : les deux divisions homographiques sont exprimées par la relation

$$\frac{em}{fm} = \lambda \frac{em'}{fm'}.$$

Elles sont en involution si m, m' sont conjugués harmoniques sur ef, ce qui exige que la constante λ soit égale à -1. Or, pour que $\lambda = -1$, il suffit qu'un point a soit conjugué harmonique de a' sur ef.

Deux divisions homographiques quelconques sont exprimées généralement par la relation

$$hh' + Ah + Bh' + C = 0. \qquad (3)$$

Elles sont en involution si la relation (3) est symétrique en h et h', car on pourra intervertir les points homologues. Il faut donc que les coefficients A et B soient égaux. Or, pour que les coefficients soient égaux, il suffit qu'on puisse intervertir un système de valeurs correspondantes α, α' de h et h'. En effet, si l'on a en même temps

$$\alpha\alpha' + A\alpha + B\alpha' + C = 0, \quad \text{et} \quad \alpha'\alpha + A\alpha' + B\alpha + C = 0,$$

il en résulte $(A - B)(\alpha - \alpha') = 0$; et comme α diffère de α', il faut que $A = B$. (G. S. 174.)

Ainsi : *Pour que deux divisions homographiques formées sur une même droite soient en involution, il suffit qu'un seul point quelconque de cette droite, considéré comme appartenant successivement aux deux divisions, ait le même point homologue dans les deux cas.* (G. S. 237.)

Deux divisions en involution sont déterminées si l'on se donne les deux points doubles e et f; car un point quelconque m et son conjugué harmonique m', sur ef, forment un système de points conjugués de l'involution.

Elles le sont également si l'on se donne un point double e et un couple de points conjugués a, a'. Car l'autre point double f est le conjugué harmonique de e sur aa'.

Si l'on se donne le *point central* O et un couple de points conjugués a, a', on trouve le conjugué m' d'un point quelconque m par la relation $Om \times Om' = Oa \times Oa'$. Si les points a, a' sont du même côté du point O, les points doubles sont réels, et on les obtient en portant de part et d'autre du point O la longueur de la moyenne proportionnelle entre Oa et Oa'.

Enfin, les deux divisions sont déterminées, si l'on se donne deux couples quelconques de points conjugués a, a' et b, b'.

Il peut arriver que les segments aa', bb' n'empiètent pas l'un sur l'autre ou qu'ils empiètent. Examinons d'abord le premier cas.

Décrivons sur les segments aa' et bb' comme diamètres, deux cercles qui seront extérieurs ou intérieurs l'un à l'autre. Leur axe radical coupera la droite en un point O tel que $Oa \times Oa' = Ob \times Ob'$. Le point O sera le point central de l'involution, et l'on trouvera les deux points doubles en portant de part et d'autre la longueur commune des tangentes aux deux cercles menées par le point O.

Ainsi, on pourra reproduire la droite de manière que a se transforme en a' et b en b'. Un point quelconque m et le transformé m' formeront un couple de points conjugués de l'involution, et l'on voit que le segment mm' n'empiétera ni sur aa' ni sur bb'.

A cause de $Om \times Om' = Oa \times Oa' = Ob \times Ob'$, le cercle décrit sur le segment mm' comme diamètre aura le même axe radical que les deux premiers. Or nous avons vu que des cercles de même axe radical se reproduisent en même temps;

Donc : *Tous les cercles décrits sur des segments en involution sur une droite, se reproduisent en même temps que la droite.*

Examinons maintenant le cas où les segments aa' et bb' empiètent l'un sur l'autre.

L'axe radical devient une corde commune coupant la droite en O, de manière que $Oa \times Oa' = Ob \times Ob'$. Ainsi le point O est le point central de l'involution. Le conjugué m' d'un point quelconque m se détermine par une circonférence passant par le point m et les extrémités de la corde commune, ce qui fait voir que le segment mm' empiètera aussi sur aa' et sur bb'. Les points doubles sont imaginaires.

En résumé : *Tous les cercles décrits sur des segments en involution sur une droite, ont une même corde commune, réelle ou idéale, passant par le point central de l'involution.*

En d'autres termes : *Il existe deux points réels, ou imaginaires, de chacun desquels on voit des segments en involution sous des angles droits.*

Réciproquement : *Si un angle droit tourne autour de son sommet, comme pivot, les segments qu'il intercepte sur une droite fixe, dans chacune de ses positions, ont leurs extrémités en involution.* (G. S. 204.)

32. *Des circonférences qui ont une même corde commune, réelle ou idéale, déterminent des segments en involution sur une transversale quelconque.*

Car $aa', bb', \ldots mm'$ étant les segments et O le point où la transversale coupe la corde commune, $Oa \times Oa' = Ob \times Ob' = Om \times Om'$.

Réciproquement : *Si sur des segments en involution on décrit des circonférences passant toutes par un point quelconque, elles passeront par*

un second point, et leur corde commune passera par le point central de l'involution.

Décrivons deux circonférences, passant par le même point g, sur les segments aa' et mm', dont le second est quelconque, et joignons le point g au point central O par une droite qui coupe les deux circonférences en g' et g''. On aura $Og \times Og' = Oa \times Oa'$, et $Og \times Og'' = Om \times Om'$. Mais $Oa \times Oa' = Om \times Om'$; donc $Og' = Og''$; par conséquent les points g', g'' coïncident, et la corde commune passe par le point O (G. S. 200, 201.)

33. Deux divisions en involution peuvent être supposées formées sur deux droites superposées. En séparant les deux droites, il en résulte deux divisions homographiques.

Réciproquement : *Deux droites divisées homographiquement peuvent toujours être superposées de manière que les deux divisions soient en involution.*

En effet, soient a et a' deux points homologues quelconques. Nous avons vu qu'on peut déterminer deux autres points homologues tels que les segments ab, $a'b'$ soient égaux. Plaçons la seconde droite sur la première, en faisant coïncider b' avec a et a' avec b. Les points a, a' formeront un système de points conjugués, et il y aura involution. (G. S. 238.)

34. La théorie de l'involution peut s'exposer très-simplement, *à priori*, ainsi qu'il suit :

Étant ¡donnés quatre points quelconques a, a', b, b' sur une droite, il existe, sur cette droite, un point O tel que $Oa \times Oa' = Ob \times Ob'$.

Car α, α', β, β' étant les distances de ces points à une même origine et x la distance du point cherché, on a : $(x - \alpha)(x - \alpha') = (x - \beta)(x - \beta')$; d'où $x = \frac{\beta\beta' - \alpha\alpha'}{\beta - \alpha + \beta' - \alpha'}$. La valeur de x, toujours possible, ne devient infinie que si $\beta - \alpha = \alpha' - \beta'$, d'où $ab = a'b'$; cas particulier que nous examinerons plus loin.

Cela posé, prenons sur la droite deux points quelconques m, m' tels que $Om \times Om' = Oa \times Oa' = Ob \times Ob' = \pm k^2$. Il en résultera deux divisions homographiques en involution.

Désignons par h, h' les distances des points m, m' au point central O et discutons d'abord la relation $hh' = k^2$.

Les deux facteurs h, h' étant de même signe, les points conjugués sont toujours situés du même côté du point O. $h = 0$ donne $h' = \infty$. h augmentant, h' diminue, et $h = \infty$ donne $h' = 0$. Ainsi, pendant que l'un des points s'éloigne du point O, son conjugué s'en approche, et réciproquement. $h = k$ donne $h' = k$, et les deux points conjugués se réunissent en un seul pour former un point double. $h = -k$ donne $h' = -k$, et on a un second point double de l'autre côté du point O, à la même distance.

Discutons maintenant $hh' = -k^2$. Les points conjugués sont toujours de différents côtés du point O. Les points doubles deviennent imaginaires; mais il existe deux points conjugués situés de part et d'autre à la même distance du point O, car $h = -k$ donne $h' = k$.

En rapportant les points à une origine quelconque sur la droite, on trouve une relation de la forme

$$hh' + A(h + h') + C = 0.$$

35. M. Chasles a résumé la théorie de l'involution dans ce second *principe*, énoncé dans les *Comptes-rendus* en même temps que celui qui résume l'homographie.

Lorsqu'en traitant une question de géométrie où n'entrent pas de transcendantes (fonctions ou courbes), on est conduit à considérer deux séries de points sur deux droites distinctes; s'il arrive qu'à un point de la première série il corresponde toujours deux points de la seconde, tandis qu'à chacun de ces deux-ci, indistinctement, il corresponde toujours le même point de la première, on peut en conclure immédiatement, et sans plus de recherches, que la seconde série se compose de segments dont les extrémités sont en involution.

En effet, soit μ un point de la première série auquel correspondent deux points m, m' de la seconde. Ces deux points m, m' déterminent deux divisions homographiques sur la seconde droite. Mais puisque le point μ doit correspondre indistinctement au point m et au point m', il en résulte qu'on peut intervertir ces deux points, ce qui constitue l'involution.

Par exemple : *Des coniques circonscrites au même quadrilatère donnent des segments en involution sur une transversale quelconque.*

Car soient aa', bb',... mm' les segments sur la transversale. Par un des sommets du quadrilatère menons une droite coupant les coniques en $\alpha, \beta, \ldots \mu$. En se donnant le point μ, on détermine une conique, et par conséquent un segment mm'. Mais on détermine la même conique en se donnant indistinctement le point m ou le point m', et il en résulte le même point μ ; donc, les points m, m' peuvent s'intervertir et déterminent deux divisions en involution.

Si la transversale est tangente à une des coniques, le point de contact est un point double de l'involution. Par conséquent :

La tangente commune à deux des coniques est coupée harmoniquement par chacune des autres coniques.

La tangente à une des coniques par le point d'intersection de deux cordes communes est coupée harmoniquement par toutes les autres coniques.

Si deux coniques ont un double contact, la tangente à l'une est coupée harmoniquement par l'autre et par la corde de contact.

On peut considérer chaque système de côtés opposés du quadrilatère comme une conique, et il en résulte ce théorème :

Si une conique est circonscrite à un quadrilatère, toute transversale coupe la courbe et les côtés opposés du quadrilatère en six points de l'involution que donneraient les coniques circonscrites au même quadrilatère.

Si la transversale devient tangente à la conique, le point de contact est un point double de l'involution. Ainsi : *Pour décrire une conique passant par quatre points et tangente à une droite,* toute la difficulté consiste à trouver les points doubles de l'involution dont les intersections de la droite avec les côtés opposés du quadrilatère font connaître deux systèmes de points conjugués.

On peut enfin considérer les côtés opposés et les diagonales d'un quadrilatère comme un système de trois coniques, et il en résulte cet autre théorème, dont les applications sont si nombreuses :

Toute transversale coupe les côtés opposés et les diagonales d'un qua-

drilatère en six points de l'involution que donneraient les coniques circonscrites au même quadrilatère.

Si des angles circonscrits à une conique ont leurs sommets en ligne droite, leurs côtés interceptent des segments en involution sur une tangente quelconque. (G. S. 702.)

Car à un point μ sur la droite il correspond un segment mm' sur la tangente; et à chacun des points m, m', indistinctement, il correspond le même point μ sur la droite.

N. B. L'involution n'existerait pas sur toute autre droite qui ne serait pas tangente, car à chaque point de la première droite correspondrait un segment sur la seconde droite; mais à chacun des points de la seconde droite correspondraient deux points sur la première, au lieu d'un seul. Ainsi, la réciprocité nécessaire pour qu'il y ait involution, cesserait d'exister si la seconde droite n'était pas tangente.

Cela posé, soient deux divisions en involution sur une droite. Rapportons les points à une même origine et désignons par h, h' les distances de deux points conjugués. Il devra exister entre h, h' une relation telle qu'à une valeur de h il corresponde une seule valeur de h', et réciproquement; mais il faudra de plus que la relation soit symétrique en h et h' ou de la forme

$$hh' + A(h + h') + C = 0.$$

Ainsi, il suffira de deux couples de points conjugués pour déterminer les deux constantes A et C. Les points doubles seront donnés par l'équation du second degré $x^2 + 2Ax + C = 0$. Leur milieu étant un point réel, lors même que les points doubles sont imaginaires, on peut prendre ce milieu pour origine, ce qui ramène la relation à la forme $hh' = \pm k^2$ que nous avons déjà discutée.

Construction des deux points doubles. On peut trouver directement les deux points doubles e et f au moyen de deux couples de points conjugués a, a' et b, b'. Supposons, pour plus de simplicité, les divisions données par la relation $hh' = k^2$.

Les circonférences décrites sur ef, ab′ *et* ba′ *comme diamètres, ont une même corde commune, et il en est de même pour les circonférences décrites sur* ef, ab *et* a′b′.

En effet, les circonférences décrites sur ef, ab' et ba' sont

$$y^2 + x^2 = k^2$$
$$y^2 + x^2 - \left(\alpha + \frac{k^2}{\beta}\right) x + \frac{k^2\alpha}{\beta} = 0,$$
$$y^2 + x^2 - \left(\beta + \frac{k^2}{\alpha}\right) x + \frac{k^2\beta}{\alpha} = 0,$$

et en retranchant les équations, on trouve pour corde commune

$$(\alpha\beta + k^2)\, x = k^2\,(\alpha + \beta).$$

De même, les circonférences décrites sur ef, ab et $a'b'$ sont

$$y^2 + x^2 = k^2,$$
$$y^2 + x^2 - (\alpha + \beta)\, x + \alpha\beta = 0,$$
$$y^2 + x^2 - \left(\frac{k^2}{\alpha} + \frac{k^2}{\beta}\right) x + \frac{k^4}{\alpha\beta} = 0;$$

et on trouve pour corde commune $(\alpha + \beta)\, x = \alpha\beta + k^2$.

N. B. Le produit des distances des deux cordes communes étant égal à k^2, ces deux cordes passent par deux points conjugués.

Ainsi : *Les points doubles* e *et* f *appartiennent comme points conjugués à deux involutions différentes déterminées, l'une par* a, b′ *et* b, a′, *l'autre par* a, b *et* a′, b′.

Par conséquent : Les circonférences passant par un point g et ayant pour cordes respectives ef, ab' et ba' se coupent en un second point g'. Les circonférences passant par le même point g et ayant pour cordes respectives ef, ab et $a'b'$, se coupent en un second point g''. Les trois points g, g', g'' déterminent un cercle qui passe par les points doubles e et f.

On peut aussi trouver ces points en faisant passer un cercle par les extrémités des cordes communes aux cercles décrits sur ab' et ba', et sur ab et $a'b'$ comme diamètres.

Ces constructions, que nous avons déjà données pour trouver les points doubles de deux divisions homographiques sur la même droite, indiquent ce théorème :

Soient a, b, c... *et* a′, b′, c′... *les points respectivement homologues*

de deux divisions homographiques formées sur la même droite, les points doubles e *et* f *sont en involution avec chaque système de deux points tels que* ab′ *et* ba′. (G. S. 259.)

36. *Involution de six points.* Trois systèmes de points conjugués a, a'; b, b'; c, c' de deux divisions en involution, forment ce qu'on appelle une *involution de six points.*

Chacun de ces points peut être considéré comme appartenant, soit à la première division, soit à la seconde; et comme les divisions sont homographiques, *de quelque manière qu'on en prenne quatre, appartenant aux trois systèmes de points conjugués, leur rapport anharmonique sera toujours égal à celui de leurs conjugués.*

Il suffira que cette condition soit remplie pour quatre points en particulier pris dans les trois systèmes, pour qu'il y ait involution, ce qui ramène à la définition caractéristique de *six points en involution* donnée par M. Chasles. (G. S. 182, 183.)

On peut trouver une infinité de couples de points conjugués formant chacun une involution de six points avec les deux mêmes couples a, a' et b, b'.

Il est évident que tous ces couples a, a'; b, b'; c, c'; d, d'... sont autant de systèmes de points conjugués de deux divisions en involution. (G. S. 256.)

Équations segmentaires. En écrivant que le rapport anharmonique de quatre points pris dans les trois systèmes est égal à celui de leurs conjugués, on trouve des équations à huit et à six termes entre les segments formés par les six points en involution sur une droite. Chacune de ces équations, exprimant que l'involution a lieu, comporte toutes les autres.

Par exemple : $\frac{ab}{ac} : \frac{a'b}{a'c} = \frac{a'b'}{a'c'} : \frac{ab'}{ac'}$ donne l'équation à huit termes $\frac{ab.a'c}{ac.a'b} = \frac{a'b'.ac'}{a'c'.ab'}$, et on trouve deux autres équations analogues.

L'équation se réduit à six termes lorsqu'elle contient le segment formé par deux points conjugués, car ce segment disparaît de part et d'autre; mais il faut tenir compte des signes, et se rappeler que $aa' = -a'a$.

Par exemple : $\frac{a'a}{a'b} : \frac{ca}{cb} = \frac{aa'}{ab'} : \frac{c'a'}{c'b'}$ donne l'équation à six termes

$ab'.bc.c'a' = -a'b.b'c'.ca$, et l'on trouve trois autres équations analogues.

Ainsi : *Il existe, en tout, sept équations qui se comportent mutuellement.* (G. S. 184, 185, 186.)

37. *Involution de cinq points.* Si l'un des points passe à l'infini, son conjugué forme avec les quatre autres une *involution de cinq points.*

On trouve trois équations particulières que l'on déduit des sept précédentes en supposant que c', par exemple, passe à l'infini. Mais on peut les trouver directement ; car en représentant par o le point dont le conjugué est à l'infini, le rapport anharmonique des quatre points o, a, b, ∞ se réduit à $\frac{oa}{ob}$, et celui des conjugués ∞, a', b', o se réduit à $\frac{ob'}{oa'}$; donc

$$oa.oa' = ob.ob'.$$

Ainsi : *Le point central* o *forme une involution de cinq points avec deux couples* a, a′ *et* b, b′ *de points conjugués.*

$\frac{oa}{ob} = \frac{ob'}{oa'}$ donne $\frac{oa}{ob - oa} = \frac{ob'}{ob' - oa'}$, ou $\frac{oa}{ob'} = \frac{ab'}{b'a'}$, ce qui est une seconde équation.

On trouve la troisième $\frac{oa}{oa'} = \frac{ab.ab}{a'b.a'b'}$ en égalant le rapport anharmonique de o, a, a', b à celui de ∞, a', a, b'.

On a de même $\frac{oa}{oa'} = \frac{ac.ac'}{a'c.a'c'}$.

On trouverait aussi deux valeurs de $\frac{ob}{ob'}$ et de $\frac{oc}{o'c'}$, et en égalant on retrouverait les trois équations à huit termes.

On obtiendrait ensuite les quatre équations à six termes en combinant les trois équations à huit termes par multiplication et division.

Chaque point double forme une involution de cinq points avec deux systèmes de points conjugués. Il en résulte quatre équations particulières que l'on peut déduire des sept équations primitives, en supposant par exemple que c et c' se réunissent pour former un point double e. La première donne $\frac{ae^2}{a'e^2} = \frac{ab.ab'}{a'b.a'b'}$, ce qui indique un nouveau procédé pour

trouver les points doubles au moyen de deux systèmes de points conjugués a, a' et b, b'. Car $\frac{ab.ab'}{a'b.a'b'} = \frac{\alpha^2}{\beta^2}$; α, β étant deux longueurs faciles à construire, et par suite $\frac{ae}{a'e} = \frac{\alpha}{\beta}$. Ainsi, on trouvera les deux points doubles en partageant le segment aa' proportionnellement aux deux lignes α et β.

38. *Points racines.* Portons sur une droite, à partir d'une origine fixe, des longueurs proportionnelles aux racines d'une équation du second degré $x^2 + px + q = 0$; on obtiendra ainsi deux points que l'on appelle *points racines.*

Deux points quelconques a, a' de la droite situés, comme on voudra, par rapport à l'origine o, peuvent être représentés par les racines d'une équation du second degré. Car en évaluant numériquement les distances oa, oa', et tenant compte du signe, $p = -(oa + oa')$ et $q = oa \,.\, oa'$. Ainsi, les deux points sont représentés par les racines de $x^2 + px + q = 0$.

Soit L un point de la droite, à la distance l de l'origine. Le produit des distances de ce point à deux points racines est dit la *puissance* du point L par rapport à ces deux points. a, a' étant les racines de $x^2 + px + q = 0$, la puissance du point L est $(l - a)\,(l - a') = l^2 - (a + a')\,l + aa'$ ou $l^2 + pl + q$.

Deux systèmes de points racines ont toujours un point d'égale puissance. Soient $x^2 + px + q = 0$ et $x^2 + p'x + q' = 0$ qui déterminent les deux systèmes, et l la distance du point cherché à l'origine :

$$l^2 + pl + q = l^2 + p'l + q' \text{ donne } l = \frac{q' - q}{p - p'}.$$

Trois systèmes de points racines qui ont un point d'égale puissance sont en involution.

Soient $x^2 + px + q = 0$, $x^2 + p'x + q' = 0$, $x^2 + p''x + q'' = 0$, les équations qui déterminent les trois systèmes de points. Pour qu'il y ait un point d'égale puissance, il faut que

$$l^2 + pl + q = l^2 + p'l + q' = l^2 + p''l + q'',$$

ce qui donne la condition $(p - p')(q - q'') = (p - p'')(q - q')$, et par suite $l = \frac{q' - q}{p - p'} = \frac{q'' - q}{p - p''}$.

En désignant par h, h' les distances de deux points conjugués au point central L, $(l - h)(l - h')$ est constant. C étant la constante, on trouve la relation

$$hh' - l(h + h') + l^2 - C = 0.$$

Les points doubles sont donnés par

$$x^2 - 2lx + l^2 - C = 0; \quad \text{d'où} \quad x = l \pm \sqrt{C}.$$

$x^2 + px + q = 0$, et $x^2 + p'x + q' = 0$ déterminant deux couples de points conjugués, le troisième couple est donné par une équation de la forme

$$x^2 + px + q + \lambda(x^2 + p'x + q') = 0. \text{ (G. S. 218, 220.)}$$

39. *Construire le sixième point d'une involution.* On pourrait trouver le sixième point par chacune des sept équations d'involution ; mais il existe des procédés plus simples.

Soient a, a' et b, b' deux couples de points conjugués, et c le cinquième point dont il faut trouver le conjugué c'.

Par un point quelconque g faisons passer deux circonférences ayant pour cordes respectives aa' et bb'; elles se couperont en un second point g', et les trois points g, g', c appartiendront à une nouvelle circonférence qui déterminera sur la droite le sixième point c' de l'involution.

Ou bien : par les points a, a' (*fig.* 11) faisons passer deux droites, et par les points b, b' deux autres droites de manière à former un quadrilatère dont une diagonale MQ passe par le cinquième point c, l'autre diagonale PN rencontrera la droite en un point c' conjugué de c.

N. B. Si la diagonale PN était parallèle à la droite, le point c' étant à l'infini, le point c serait le point *central* O. On voit par là comment, étant donnés deux systèmes a, a' et b, b' de points conjugués, on peut construire directement le point central, et par suite les points doubles, s'ils existent.

La propriété du quadrilatère relative à l'involution est d'ailleurs facile à

démontrer directement. Il suffit, par exemple, de la constater pour le parallélogramme. Soit le parallélogramme MNPQ (*fig.* 12) dont les côtés opposés et les diagonales sont coupés en a, a'; b, b' et c, c' par une transversale quelconque. On a par les triangles semblables $\frac{ac}{a'c} : \frac{bc}{b'c} = \frac{a'c'}{ac'} : \frac{b'c'}{bc'}$, ce qui prouve l'involution des six points.

Il est tout aussi facile de retrouver le théorème général, comme on va le voir.

Toute transversale coupe une conique et les côtés opposés d'un quadrilatère inscrit en six points qui sont en involution.

Il suffit de le démontrer pour le cas où la conique est un cercle. Soit ABCD (*fig.* 13) le quadrilatère inscrit au cercle, et a, a'; b, b'; d, d' les points où la transversale coupe les côtés opposés et le cercle. Prolongeons les côtés opposés DA, CB jusqu'à leur rencontre en T. Par les propriétés des sécantes et des cordes du cercle, on a :

$$TA.TD = TB.TC;\ bA.bD = bd.bd';\ b'B.b'C = b'd.b'd'.$$

Or, le triangle Tbb' coupé par la transversale a' C donne

$$TD.ba'.b'C = bD.b'a'.TC.$$

Le même triangle coupé par la transversale aB donne

$$TA.ba.b'B = bA.b'a.TB;$$

multipliant et réduisant, on trouve

$$ba'.ba.b'd.b'd' = b'a.b'a'.bd'.bd,$$

qui est une des équations d'involution.

En circonscrivant toute autre conique au même quadrilatère, les points où elle couperait la transversale seraient des points conjugués de la même involution ; donc : *Des coniques circonscrites au même quadrilatère donnent des segments en involution sur une transversale quelconque.*

Faisceaux en involution. D'un même point quelconque O, menons des droites aux divers points de deux divisions en involution : ces droites formeront deux *faisceaux en involution;* car chaque rayon considéré comme ap-

partenant, soit à l'un, soit à l'autre faisceau, aura toujours le même homologue ; ou, en d'autres termes, les rayons seront *conjugués* deux à deux.

Pour que deux faisceaux homographiques de même centre soient en involution, il suffit qu'il existe un système de rayons conjugués. En effet, en coupant les deux faisceaux par une transversale, on aura deux divisions en involution, puisqu'au système de rayons conjugués correspondra un système de points conjugués.

Les deux points doubles de l'involution donnent des *rayons doubles* des deux faisceaux, lesquels peuvent être imaginaires. S'ils sont réels, chaque système de rayons conjugués forme un faisceau harmonique avec les rayons doubles. On peut alors reproduire les deux faisceaux en même temps que toute transversale, en prenant pour point de concours l'intersection de la transversale avec un rayon double, et pour parallèle fixe l'autre rayon double.

Deux faisceaux en involution sont déterminés par deux systèmes quelconques de rayons conjugués. On peut les tracer en ne faisant usage que de la règle. Le procédé résulte du théorème suivant (G. S. 273) :

Étant données deux droites divisées homographiquement, les rayons menés d'un point quelconque aux points de division forment deux faisceaux homographiques. Les faisceaux sont en involution si l'on prend le centre sur la droite qui passe par les deux points de division dont les homologues coïncident au point de rencontre de ces droites.

En effet, soient a, b' les deux points homologues de l'intersection S des deux droites, le point S représentant les deux points a', b réunis. Prenons pour centre un point quelconque O sur la droite ab'. Cette droite, considérée comme rayon, soit du premier, soit du second faisceau, a pour homologue la même droite OS : donc les faisceaux sont en involution.

N. B. La droite ab' est la troisième droite $\alpha\gamma$ dont les deux droites données sont les transformées.

Nous pouvons prendre pour la droite $\alpha\gamma$ le rayon OA', par exemple, et le point S sur le rayon conjugué OA. Menant par le point S deux transversales quelconques, elles couperont les rayons OB, OB' en deux points b, b' qui seront les points de concours ; par suite, on pourra tracer les deux divisions

homographiques et les autres systèmes de rayons conjugués, en ne faisant usage que de la règle.

On démontre tout aussi facilement ce théorème corrélatif : *Étant donnés deux faisceaux homographiques dont les centres ne sont pas coïncidents, en les coupant par une transversale on forme deux divisions homographiques. Les divisions sont en involution si la transversale passe par l'intersection des deux rayons homologues de la ligne des centres* OO'. (G. S. 274.)

En effet, soit *m* l'intersection de ces deux rayons. Une transversale quelconque passant par le point *m* rencontre la ligne OO' des centres en un point *m'* qui, considéré comme appartenant, soit à la première, soit à la seconde division, a toujours le même homologue : donc, les divisions sont en involution.

Si des droites forment un faisceau, des perpendiculaires à chacune de ces droites par leur point de concours forment un autre faisceau en involution avec le premier.

Car une droite considérée comme appartenant, soit au premier, soit au second faisceau, a toujours pour homologue la droite perpendiculaire.

Ou bien, on verra tous les segments sous des angles droits.

Dans deux faisceaux en involution, il existe un système de rayons conjugués rectangulaires, et il n'en existe qu'un.

Car les circonférences décrites sur les segments en involution déterminés par une transversale quelconque se coupent en deux mêmes points réels ou imaginaires. Or, si l'on mène par le centre des deux faisceaux une circonférence passant par ces deux points, elle détermine deux points conjugués auxquels correspondent deux rayons conjugués rectangulaires.

Donc : *S'il existe deux systèmes de rayons conjugués rectangulaires, tous les autres le seront également*, et il est évident que dans ce cas les rayons doubles sont imaginaires. (G. S., ch. XI, § 11.)

40. M. Chasles a étendu son second principe à des faisceaux de droites issues d'un même point ou de deux points distincts et résultant d'une même construction géométrique :

S'il arrive qu'à une droite de l'un des faisceaux il corresponde toujours deux droites de l'autre, et qu'à chacune de ces deux-ci indistinctement

il corresponde la même droite dans le premier, on pourra en conclure, sans plus de recherches, que le second faisceau se compose d'angles en involution.

Par exemple, par un point O menons une série de transversales à une conique, et joignons tout autre point O′ de la conique aux deux extrémités de la corde sur chaque transversale. A une transversale correspondra un angle, et chacun des côtés de l'angle indistinctement déterminera la même transversale ; donc les angles sont en involution, c'est-à-dire que les côtés de chacun de ces angles sont deux rayons homologues de deux faisceaux en involution, ayant pour centre commun le point O′.

On voit pourquoi il faut que le point O′ soit sur la conique, car sans cela à chaque transversale correspondrait bien un angle ; mais à chaque angle ne correspondrait plus une seule transversale, et la réciprocité est nécessaire pour qu'il y ait involution.

Nous terminerons ici ces études sur toutes ces belles théories de M. Chasles. Il serait trop long de s'engager, comme nous en avions d'abord le projet, dans les nombreuses applications dont elles sont susceptibles.

Par exemple, soit un quadrilatère ABCD inscrit à une conique. En reproduisant en même temps le quadrilatère et la conique, les tangentes par deux sommets adjacents A et B se reproduisent aussi réciproquement, et il en résulte que le côté opposé CD est coupé par les tangentes en A et en B ; par la conique et par le côté AB en cinq points T, T′, C, D, E qui forment une involution dont E est un point double. En effet, on voit que le côté CD se reproduit de manière à ce que T se transforme en T′, et réciproquement, et que C se transforme en D, et réciproquement, tandis que le point E reste invariable ou se transforme en lui-même.

En égalant le rapport anharmonique de quatre des cinq points à celui des points conjugués, il en résulte une foule de propriétés segmentaires des coniques ; car les quatre points A, B, C, D de la conique sont quelconques, et l'on peut supposer que l'un ou que deux de ces points passent à l'infini, ce qui est le cas de la parabole ou de l'hyperbole. On peut aussi supposer une position quelconque au côté CD. Par exemple, supposez qu'il passe par le point de concours des deux tangentes, ou qu'il soit parallèle à une de ces tangentes.

L'involution des cinq points résulte d'ailleurs très-simplement de la transformation de la conique en un cercle. Il suffit de la démontrer pour le cas d'un cercle ayant deux tangentes parallèles et coupé par une transversale parallèle au diamètre de contact, et dans ce cas elle est évidente.

Ou bien, on trouverait les mêmes relations segmentaires en partant de cette propriété de la conique déjà démontrée :

Si l'on joint un point quelconque de la conique à quatre points A, B, C, D *de la conique, il en résulte un faisceau dont le rapport anharmonique est constant.*

Car on peut supposer un premier faisceau dont le centre coïncide avec le point A, auquel cas un des rayons du faisceau est la tangente AT. On peut supposer un second faisceau dont le centre coïncide avec B, auquel cas un des rayons du faisceau est la tangente BT. On estimera ensuite les rapports anharmoniques des deux faisceaux suivant la sécante CD.

N. B. En relisant la préface de la *Géométrie supérieure*, nous avons vu, par la note de la page XXXI, que M. Chasles a fait mention, dans son *Aperçu historique*, de la transformation de Newton, généralisée par Waring; mais n'ayant jamais trouvé l'occasion de nous procurer cet ouvrage, devenu très-rare, nous ne savons en quoi consiste la généralisation de Waring.

Fig. 1

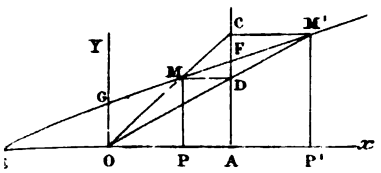


Fig. 2.

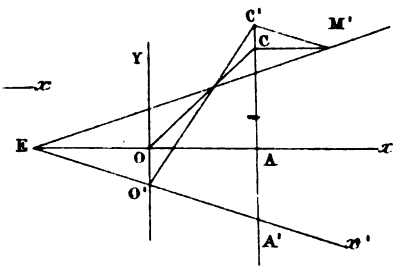


Fig. 3.

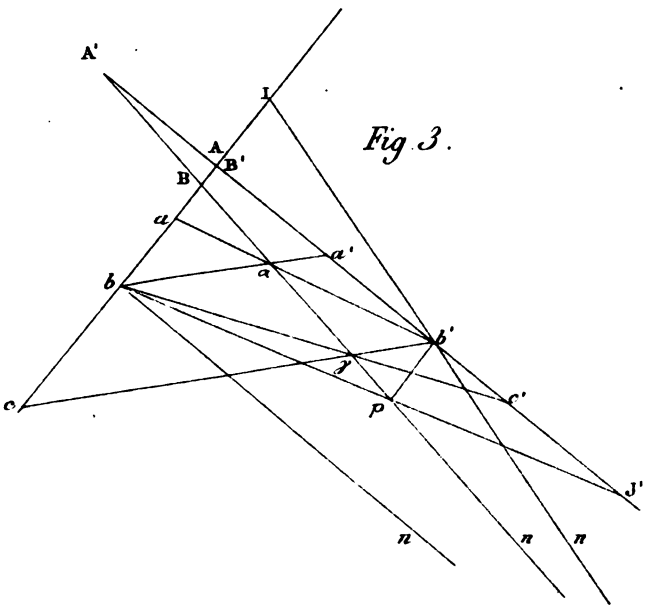


Fig. 4.

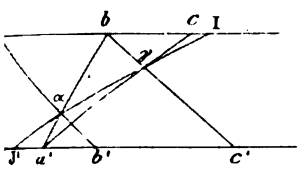


Fig. 5.

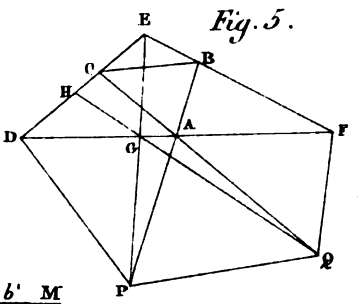


Fig. 6.

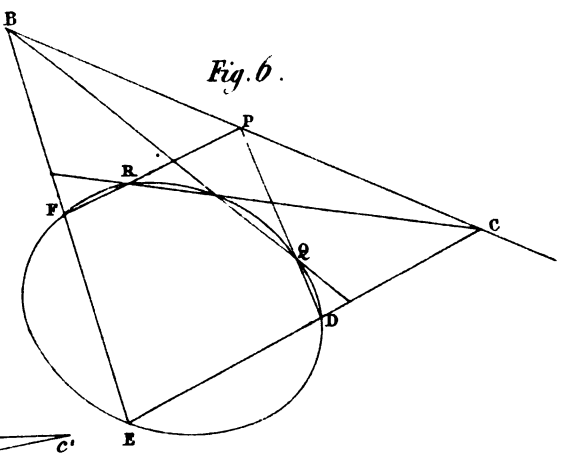


Fig. 7.

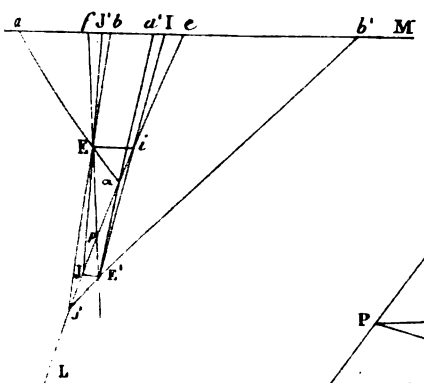


Fig. 11.

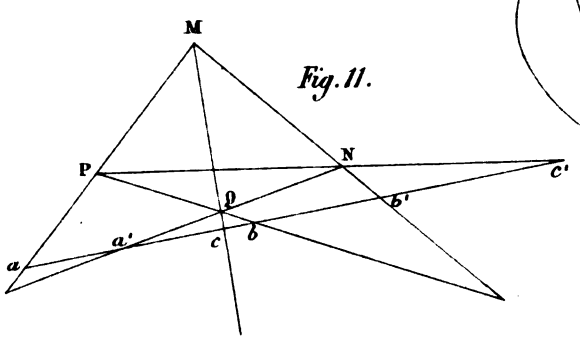


Fig. 12.

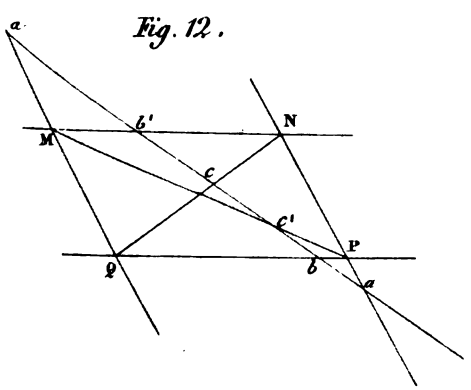
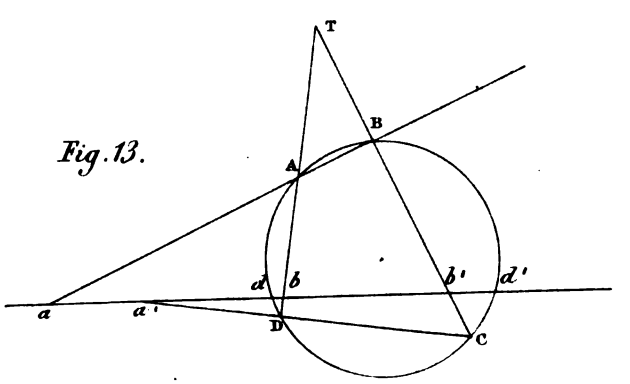


Fig. 13.



Boehm et fils Montpellier.

NOUVELLES RECHERCHES

SUR

LA FIGURE DES ATMOSPHÈRES

DES CORPS CÉLESTES,

Par M. Édouard ROCHE.

§ I.

1. Depuis que la première partie de ce Mémoire a paru[1], la théorie des Comètes a été l'objet de plusieurs publications qui s'y rattachent intimement. Je n'ai pas à les analyser ici : elles sont bien connues des astronomes, et j'en ai signalé l'importance dans un autre travail[2]. Mon but, dans le présent Mémoire, est de réunir et compléter la partie de mes recherches primitives concernant spécialement les Comètes, de signaler ce qui tend à confirmer mes idées touchant l'origine des phénomènes cométaires, et de discuter les objections qu'on pourrait leur opposer. Je me suis surtout efforcé d'établir sans aucune hypothèse le principe général qui m'a dirigé, et par lequel j'ai rattaché les émissions cométaires (queue, aigrette, etc.) à la figure des atmosphères de ces astres, et aux propriétés géométriques des surfaces de niveau.

Je rappellerai d'abord le point de départ de mes études sur cette question,

---

[1] *Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, Mémoires de la section des Sciences*, tom. II, année 1854.

[2] Réflexions sur la théorie des phénomènes cométaires (*Académie de Montpellier*, tom. IV, 1860).

et les travaux de ceux qui m'ont précédé dans la même voie, c'est-à-dire qui se sont préoccupés de l'influence qu'une action extérieure peut exercer sur l'atmosphère d'un corps céleste, pour en modifier la forme ou l'étendue.

2. Les formules relatives à la figure de l'atmosphère du Soleil sont données dans la *Mécanique céleste*, mais en négligeant toutes les actions extérieures, et tenant compte seulement de l'attraction du noyau central et de la force centrifuge due à la rotation. Laplace semble s'être uniquement préoccupé de prouver que l'atmosphère solaire est limitée à une distance égale à 0,17, celle de la Terre étant prise pour unité : c'est la distance d'une planète dont la révolution s'exécuterait en vingt-cinq jours et demi, durée de la rotation du Soleil. De là il conclut que cette atmosphère, se terminant bien en deçà de l'orbite de Mercure, n'est pas l'origine de la lumière zodiacale, laquelle s'étend beaucoup plus loin.

Dans l'*Exposition du système du monde*, il est revenu sur ce sujet, et a démontré la proposition suivante, qui est la base de sa célèbre hypothèse cosmogonique : « Si l'atmosphère solaire s'est étendue, à une certaine époque, jusqu'à sa limite, c'est-à-dire jusqu'à la distance où la force centrifuge due à son mouvement de rotation balance la pesanteur, elle a dû en se refroidissant abandonner, sous la forme d'anneau équatorial, les molécules situées à cette limite et aux limites successives produites par l'accroissement de la rotation du Soleil. »

Si Laplace s'était arrêté à discuter la figure des couches de niveau dans l'atmosphère solaire, il aurait trouvé une remarquable confirmation de la proposition précédente. J'ai montré en effet, dans la première partie de ce Mémoire, que la surface qui limite extérieurement l'atmosphère présente, à l'équateur, une arête saillante : cette surface étant engendrée par la révolution, autour de l'axe des pôles Ox, d'une courbe qui possède un point saillant (*fig.* 1) où les deux tangentes font entre elles un angle de 120°. Lorsque la vitesse de rotation vient à augmenter par suite du refroidissement, cette surface terminale s'ouvre suivant l'arête dont je viens de parler, et par cette ouverture laisse écouler dans le plan de l'équateur tout le fluide excédant.

L'abandon successif de ces zones équatoriales aux dépens d'une atmosphère qui se contracte progressivement, est donc une conséquence géomé-

trique de la forme des surfaces de niveau ; de même que les lois de l'écoulement d'un fluide pesant à la surface de la Terre, sont liées à la forme plane et horizontale de ses couches. On retrouve les mêmes analogies dans les phénomènes qui se développent chez les Comètes au voisinage du Soleil. Aussi chercherons-nous constamment à rattacher la déformation et les mouvements de leurs atmosphères, sous l'influence perturbatrice d'une action extérieure, aux figures qu'affecteraient les couches de niveau de ces atmosphères à l'état d'équilibre.

3. Laplace s'est aussi occupé de déterminer la distance limite de l'atmosphère lunaire, et pour cela il a cherché le point où la force centrifuge due au mouvement de rotation de la Lune, jointe à la force attractive de la Terre, ferait équilibre à l'attraction du satellite. Il trouve que ce point est éloigné du centre de la Lune d'un neuvième environ de la distance de la Lune à la Terre. J'ai fait observer à ce sujet que cette manière de procéder est inexacte. On doit substituer à l'attraction de la Lune, ou à la pesanteur absolue d'une molécule considérée à la limite de l'atmosphère lunaire, sa pesanteur relative calculée en tenant compte de la pesanteur de la Lune elle-même vers la Terre. C'est alors un cinquième, et non plus un neuvième, que l'on trouve, pour la plus grande hauteur où pourrait s'étendre l'atmosphère de la Lune[1]. Au-delà de cette distance, elle ne pèserait plus vers le noyau central, et irait se disperser dans l'espace.

---

[1] La différence de ces deux résultats a peu d'importance quant à la Lune ; il en serait autrement si l'on voulait appliquer le même calcul à l'atmosphère de la Terre, limitée par l'attraction du Soleil et par la force centrifuge. Négligeons même cette dernière force, ce qui donnera une valeur trop grande de la limite cherchée ; nous trouverons, en opérant comme Laplace, les trois quarts de la distance de la Terre à la Lune. D'où il faudrait conclure qu'à aucune époque l'atmosphère de la Terre n'a pu s'étendre jusqu'à la Lune ; ce qui est pourtant exigé par l'explication que Laplace a proposée de l'origine de ce satellite. Cette difficulté qu'on aurait pu objecter à sa théorie cosmogonique, disparaît quand on détermine la limite de l'atmosphère terrestre par la considération de la pesanteur relative : on la trouve alors de 270 rayons terrestres, ou quatre fois et demi la distance de la Terre à la Lune. Avec la rotation actuelle de la Terre, cette hauteur limite n'est que de 6,6 rayons terrestres ; mais il est possible qu'à une époque où la vitesse de rotation était nécessairement beaucoup plus lente qu'aujourd'hui, l'atmosphère terrestre, comme le pensait Laplace, ait de beaucoup dépassé l'orbite lunaire.

4. Il n'y a rien, dans les recherches de Laplace, qui concerne spécialement l'action du Soleil sur les atmosphères cométaires. Le premier travail qui s'y rapporte est le calcul de la limite d'une atmosphère de Comète dans la direction du Soleil, calcul fait en 1808 par Joseph Calandrelli, astronome du Collége romain, comme il est dit dans une lettre insérée au *Bulletin de l'Observatoire de Paris*, du 23 août 1860. Désirant obtenir une valeur approchée de la masse de la Comète de 1807, à l'aide de ses dimensions mesurées, cet astronome eut l'idée de chercher à quelle distance son atmosphère devait être limitée par l'action solaire, ou ce qu'on peut appeler le rayon de sa sphère d'attraction. Il trouva que, r représentant ce rayon et a la distance de l'astre au Soleil,

$$\mu = 2\left(\frac{r}{a}\right)^3 \qquad (1)$$

est l'expression de la masse de la Comète rapportée à celle du Soleil.

Cette formule ne diffère pas de celle que j'ai donnée pour le même usage, dans mon Mémoire de 1851, sans connaître le travail de l'astronome romain, qui est resté ignoré jusqu'à 1860. Cela prouve que Calandrelli a eu égard comme moi, non à la pesanteur absolue, mais à la pesanteur relative de l'atmosphère vers le noyau de la Comète, et qu'il n'a pas commis l'erreur de Laplace. J'insiste sur ce point, parce que je retrouve la même erreur dans une publication récente d'un astronome célèbre.

Dans ma *Note sur la Masse des Comètes*[1], j'ai indiqué les précautions à prendre pour que cette formule donne avec quelque précision la masse de la Comète, et les conséquences qui en résultent relativement à la diminution de son volume à l'approche du périhélie.

5. Enfin on a cité, comme ayant pour la première fois assimilé les apparences cométaires à un flux atmosphérique, et leur cause à celle des marées terrestres, une dissertation inaugurale du docteur Lehmann, en 1823, qui contiendrait l'essai d'une exposition des phénomènes, faite à ce point de vue particulier.

---

[1] *Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, section des Sciences*, tom. V, année 1861.

Mais les essais de Calandrelli et de Lehmann sont bien loin d'une théorie mathématique des marées cométaires; aussi ont-ils passé à peu près inaperçus, et n'ont-ils été rappelés que dans ces derniers temps.

Quant aux travaux si célèbres de Bessel sur les queues de Comètes, ils se rapportent à un ordre d'idées tout différent. En effet, dans son *Mémoire sur la constitution physique de la Comète de Halley*, où il cherche à déterminer le mouvement des particules dont la queue est formée et les forces qui produisent ce mouvement, Bessel s'est trouvé dans la nécessité d'éluder le problème des trois corps; et pour cela il a négligé l'action de la Comète sur le mouvement des particules. En d'autres termes, sa solution ne convient qu'aux parties de la queue ou de la nébulosité assez éloignées du noyau cométaire, pour que son action disparaisse devant celle du Soleil. Il laisse de côté tout ce qui est à l'intérieur de la sphère d'attraction, et *à fortiori* ce qui se passe dans ces couches voisines du noyau qui constituent l'atmosphère proprement dite de l'astre. Ainsi Bessel n'a pas touché au problème des atmosphères de Comètes.

6. Il est d'autant plus étonnant que Bessel n'ait pas étudié la question des Comètes au point de vue de leurs atmosphères, que l'idée lui en avait été suggérée par Olbers. Dans un article bibliographique des *Nouvelles Astronomiques* de M. Peters[1], je trouve en effet l'indication suivante : « Parmi de nombreuses remarques qui concernent les Comètes dans la *Correspondance entre Olbers et Bessel*, Olbers exprime à Bessel le vœu que des recherches théoriques sur la figure des Comètes, et spécialement sur la tête de ces astres, nous indiquent quelle forme prennent, sous l'influence de forces connues, telles que l'attraction, les couches de particules légères qui composent l'atmosphère de la Comète. »

L'auteur de l'article veut bien ajouter que le désir témoigné par Olbers a été complètement réalisé par mes *Recherches sur les Atmosphères des Comètes*. C'est du moins le but que je me suis proposé d'atteindre dans la suite de mes publications sur ce sujet, où j'ai successivement considéré,

[1] *Astronomische Nachrichten*, n° 1287, pag. 238, 18 décembre 1860.

comme on va le voir, les hypothèses qu'on peut faire tant sur la constitution physique de ces corps que sur les diverses influences auxquelles ils sont soumis.

7. On pourrait, par exemple, concevoir une Comète formée d'une masse entièrement fluide, sensiblement homogène, et n'ayant pas de mouvement de rotation. Sollicitée à la fois par l'attraction mutuelle de ses propres molécules et par celle du Soleil, cette masse comporte un état d'équilibre relatif, qu'il est facile de déterminer, si on lui suppose *à priori* la forme d'un ellipsoïde dont un axe serait dirigé vers le Soleil. Le problème est analogue à celui qui donne les ellipsoïdes de Maclaurin et de Jacobi, propres à l'équilibre d'un fluide abandonné à lui-même, mais possédant un mouvement de rotation. J'ai résolu complètement cette question dans la troisième partie de mon *Mémoire sur la figure d'une masse fluide soumise à l'attraction d'un point éloigné*[1]. Voici les résultats auxquels je suis parvenu.

Une masse homogène sans rotation, attirée par un corps extérieur, peut satisfaire aux conditions de l'équilibre des fluides sous la figure d'un ellipsoïde ayant pour centre le centre de gravité de la masse; cet ellipsoïde est de révolution autour de la droite menée au corps troublant, et allongé dans cette direction. Il y a même en général deux solutions, c'est-à-dire deux ellipsoïdes satisfaisant à la question : ils se distinguent par leur allongement, l'un différant peu d'une sphère, tandis que l'autre est très-allongé.

Pour déterminer numériquement ces deux figures dans chaque cas particulier, on a à résoudre une équation transcendante dans laquelle entre la constante

$$\varepsilon = \frac{M}{2\pi\rho a^3},$$

formée du rapport de la masse M du corps troublant divisée par la densité ρ du fluide et par le cube de la distance a des deux corps. Quand ε est excessivement petit, le premier ellipsoïde se rapproche indéfiniment d'une

---

[1] *Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, section des Sciences*, tom. II, pag. 21, année 1851.

sphère, et le second, s'allongeant de plus en plus, tend à disparaître pour $\varepsilon = 0$. Si le rapport ε augmente jusqu'à atteindre le nombre limite 0,000 67, les deux ellipsoïdes viennent se confondre en un seul, dont le grand axe égale environ 27 fois l'axe équatorial. Pour une valeur plus grande de ε, ces figures n'existent plus : l'équilibre du fluide cesse d'être possible avec la forme elliptique.

8. Imaginons donc une Comète constituée comme on vient de le dire, et tombant en droite ligne vers le Soleil ; on peut calculer à chaque instant la figure qu'elle tend à prendre, figure qui change sans cesse, en même temps que la distance a au Soleil diminue. D'abord sphérique quand la Comète est très-loin, elle devient ellipsoïdale et s'allonge progressivement à mesure qu'elle approche du Soleil. Si l'astre ne marchait pas en ligne droite, les choses se passeraient de même, avec cette seule différence que la déformation de la Comète produirait dans ses couches fluides une véritable marée, réglée sur le mouvement apparent du corps troublant.

Enfin, l'équilibre elliptique devient impossible en deçà d'une certaine distance au Soleil déterminée par l'équation

$$\frac{M}{2\pi\rho a^3} = 0,000\,67 ;$$

cette distance limite a sera d'autant plus grande que la densité ρ du fluide sera elle-même plus faible.

Transformons cette formule en y remplaçant M par $\frac{4}{3}\pi R^3 D$, R étant le rayon moyen du corps troublant et D sa densité moyenne ; on a alors pour condition de l'équilibre

$$\frac{2R^3 D}{3a^3\rho} < 0,000\,67 ; \quad \text{d'où} \quad \frac{a}{R} > 9,98 \sqrt[3]{\frac{D}{\rho}}.$$

Prenons pour exemple une Comète dont la densité ρ serait égale à celle de l'eau, le corps troublant étant le Soleil dont la densité moyenne D est un quart environ. L'inégalité devient $\frac{a}{R} > 6,3$: le fluide ne pourra donc subsister sous forme elliptique dès que sa distance au Soleil dépassera six fois le

rayon de cet astre. Mais cela arrivera bien plus tôt si sa densité est moindre. Supposons-la égale à celle de l'air, soit environ $\frac{1}{770}$ de celle de l'eau, la condition d'équilibre donne $\frac{a}{R} > 57,6$; ou bien, en prenant pour unité le rayon moyen de l'orbe terrestre, $a > 0,26$, c'est-à-dire les deux tiers de la moyenne distance de Mercure au Soleil. En deçà de cette limite, la masse fluide ne comportera plus d'état d'équilibre, au moins sous la figure d'un ellipsoïde.

9. Je saisis cette occasion de rappeler qu'il existe une condition analogue pour l'équilibre des satellites, c'est-à-dire pour l'existence sous forme ellipsoïdale d'une masse fluide qui circule autour d'un corps central, en un temps égal à celui de sa rotation autour d'un axe perpendiculaire au plan de l'orbite. Les figures qui peuvent convenir à cet équilibre ont été étudiées dans la première partie de mon *Mémoire sur la figure d'une masse fluide soumise à l'attraction d'un point éloigné* [1]. Quatre ellipsoïdes satisfont généralement à la question : deux allongés vers le corps extérieur (vers la planète s'il s'agit d'un satellite), deux autres allongés perpendiculairement à la direction de ce corps, dans le plan de l'orbite, et dont l'équilibre doit pour cette raison être instable.

Lorsque la vitesse angulaire de la masse fluide est inférieure à une certaine limite, l'un des deux premiers ellipsoïdes diffère peu d'une sphère, l'autre est une sorte d'aiguille allongée vers la planète. La vitesse augmentant, ces figures se rapprochent, c'est-à-dire que l'aplatissement de la première s'accroît, et l'allongement de la seconde diminue. Elles coïncident quand la vitesse atteint la limite dont on vient de parler ; au delà, ces figures n'existent plus.

Quant aux ellipsoïdes instables, allongés perpendiculairement à la direction du point extérieur : si la vitesse est fort petite, l'un d'eux est une aiguille très-longue presque de révolution autour du grand axe ; l'autre à peu près

---

[1] *Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, section des Sciences*, tom. I, pag. 243, année 1849.

de révolution autour de l'axe de rotation est extrêmement aplati, et finit par se réduire à un plan. Ces figures tendent à se confondre quand la vitesse augmente, et disparaissent au delà d'une certaine vitesse.

Si le satellite est très-petit relativement à sa planète M, la condition pour l'existence des deux figures allongées vers la planète est

$$\frac{\omega^2}{2\pi\rho} < 0,046,$$

ω désignant la vitesse angulaire, ρ la densité du fluide. Mais, de l'égalité entre les deux mouvements de rotation et de translation dans une ellipse d'axe $2a$, il résulte

$$\omega^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{M(1+\mu)}{a^3}.$$

D'où, à cause de μ très-petit,

$$\frac{M}{2\pi\rho a^3} < 0,046.$$

Remplaçons M par $\frac{4}{3}\pi r^3\delta$, r et δ étant le rayon et la densité moyenne de la planète, l'inégalité devient

$$\frac{2r^3\delta}{3a^3\rho} < 0,046, \quad \text{d'où} \quad \frac{a}{r} > 2,44\sqrt[3]{\frac{\delta}{\rho}}.$$

Si, pour fixer les idées, on suppose les deux astres de même densité, $\delta = \rho$, et $a > 2,44\,r$.

De là cette conclusion digne d'être remarquée : à une distance de la planète plus petite que deux fois et demie son rayon, un satellite de même densité, à l'état fluide, ne saurait se maintenir sous forme elliptique.

10. Après avoir établi ce théorème dans mon Mémoire déjà cité de 1849, pag. 258, j'ai fait observer que cette distance limite 2,44 est à peine supérieure au rayon extérieur de l'anneau de Saturne exprimé en rayons de la planète. Cela nous explique pourquoi la matière qui circule autour de Saturne, dans la région de l'anneau, n'a pu s'agglomérer en un corps unique; tandis qu'à la distance 3, 35, tant soit peu au-dessus de cette limite, on voit apparaître un premier satellite, dont l'aplatissement déduit de la

théorie est $\frac{1}{33}$ et l'allongement vers Saturne $\frac{1}{6,6}$. Ces chiffres supposent le satellite très-petit, homogène, et de même densité que la planète; dans le cas où ces conditions ne seraient pas remplies, ils auraient à subir quelques modifications que mes formules permettent de calculer [1].

Quoi qu'il en soit, si l'on admet qu'un satellite se soit formé vers la distance 2 de Saturne, comme il n'a pu subsister sous forme ellipsoïdale, ni probablement sous aucune autre figure stable, il a dû immédiatement se résoudre en fragments de plus en plus petits : la forme annulaire de ce système est donc une conséquence de la faible distance qui le sépare de Saturne [2].

11. Parmi le grand nombre de Comètes que renferme le monde solaire, il peut en être quelqu'une dont la constitution physique s'accorde avec les

---

[1] M. Daniel Vaughan (de Cincinnati) s'est aussi occupé, dans ces derniers temps, des conditions nécessaires à l'existence des corps célestes qui circulent autour des grandes planètes. Ses recherches l'ont conduit, comme moi, à cette conséquence que la moindre distance à laquelle un satellite puisse conserver sa figure d'équilibre, malgré l'attraction du corps central, est deux fois et demie le rayon de ce dernier multiplié par la racine cubique du rapport de la densité de la planète à celle du satellite. D'où il suit que les anneaux de Saturne se trouvent par rapport à la planète principale à une distance où des lunes ordinaires ne sauraient subsister, à moins d'avoir une densité beaucoup plus grande que celle de la planète. Ce sont là précisément les résultats que j'ai publiés en 1849; les travaux de M. Vaughan sont bien postérieurs, ayant paru dans le *Philosophical Magazine* de décembre 1860; mais je les cite comme venant confirmer mes propres conclusions.

[2] Une autre remarque importante relativement à l'anneau de Saturne, c'est qu'il se trouve en grande partie au dedans de la limite atmosphérique : si l'atmosphère de Saturne s'étendait aujourd'hui jusqu'à la distance où l'équilibre a lieu entre la pesanteur vers la planète et la force centrifuge, cette atmosphère arriverait jusqu'à la division principale de l'anneau. On peut tirer de là quelques conséquences : — 1° Si l'on admet, avec quelques astronomes, que les anneaux soient formés par des astéroïdes très-nombreux décrivant autour de la planète des orbes circulaires, leur vitesse augmentera au voisinage de Saturne, conformément à la troisième loi de Képler : le temps de révolution à la distance 2 sera précisément 0j,435, durée de la rotation de Saturne; à la distance 1,5 il ne sera plus que 0j,283, etc. — 2° Il en est de même, à plus forte raison, si l'on veut, avec d'autres astronomes, que les anneaux soient fluides. — 3° Enfin, si l'anneau se meut tout d'une pièce, avec une vitesse angulaire commune, il doit nécessairement être solide, car les parties non adhérentes ne sauraient s'y maintenir en équilibre par la seule influence de la pesanteur vers Saturne et de la force centrifuge.

hypothèses du n° 7, et l'on voit par quelles phases elle doit passer quand elle s'approche ou s'éloigne du périhélie. Mais on peut concevoir des Comètes constituées tout autrement, par exemple par un noyau central, solide ou non, enveloppé d'un fluide atmosphérique extrêmement rare, qui est maintenu autour du noyau par sa propre pesanteur. C'est la figure de cette atmosphère que j'ai déterminée dans l'*art.* VII de la première partie de ce Mémoire, en exprimant qu'elle satisfait aux conditions ordinaires de l'équilibre des fluides.

Il est vrai que, la distance du Soleil à la Comète variant sans cesse, cette figure d'équilibre est également variable, ce qui revient à dire que l'atmosphère n'affecte pas une figure absolument permanente. Toutefois, on peut admettre qu'elle tend à prendre la forme sous laquelle à chaque instant elle se maintiendrait en équilibre, si sa distance au Soleil devenait constante. C'est ainsi que l'on obtient une notion assez exacte du phénomène des marées terrestres en calculant l'influence du Soleil et de la Lune sur la figure d'équilibre de l'océan ; et par cette simplification on ramène un problème très-ardu de mouvement à une pure question de statique.

Les couches de niveau ou d'égale densité dans l'atmosphère cométaire doivent, pour l'équilibre, être normales à la résultante des forces. Cette condition étant exprimée par le calcul, j'ai trouvé que ces couches, d'abord sensiblement sphériques au voisinage du noyau, s'allongent, sous l'influence de l'attraction du Soleil, dans le sens de cet astre, en restant de révolution autour du rayon vecteur OS (*fig.* 2). Le centre O du noyau est aussi le centre des diverses surfaces de niveau : la Comète, allongée vers le Soleil, l'est également en sens opposé, sa figure étant rigoureusement symétrique de part et d'autre du noyau.

12. L'action solaire produit encore un autre effet : c'est, comme on l'a déjà dit au n° 3, de limiter l'atmosphère de la Comète, de telle sorte qu'en s'éloignant du centre on arrive à une dernière surface de niveau où l'atmosphère se termine forcément. Au delà, l'attraction du Soleil l'emporte sur celle de la Comète, et la résultante de ces deux actions n'est plus dirigée vers le noyau ; dès lors, les particules matérielles ne pesant plus sur la Comète, tendent à l'abandonner. Au sortir de l'atmosphère, le fluide cométaire se résout en particules indépendantes, ne formant plus, à parler rigoureusement,

un système. Ce n'est alors qu'une nébulosité, un tourbillon de poussière composé d'un nombre indéfini de molécules sans liaison. Si elles restent encore quelque temps agglomérées sans se dissiper, c'est que leur mouvement est à peu près le même, à raison de la vitesse commune qu'elles possédaient primitivement.

La surface qui termine l'atmosphère, et que j'appelle la *surface libre,* présente une forme importante à remarquer. Elle a pour centre le noyau, pour axe de révolution le rayon vecteur du Soleil; aux extrémités de l'axe, elle possède deux points singuliers A, A′, où elle se confond avec un cône, et à partir desquels elle se transforme en deux nappes indéfinies. Au dedans de la surface libre, les couches de niveau enveloppent le noyau. Au delà de la surface libre, l'analyse indique encore l'existence de surfaces de niveau, mais qui n'entourent plus le noyau de toute part : aux environs des sommets A, A′, elles s'ouvrent (*fig.* 2) pour se développer en nappes infinies.

13. C'est dans ce caractère particulier des surfaces de niveau que j'ai reconnu la raison géométrique des émissions de matière lumineuse qu'on observe chez les Comètes. Si, par une cause quelconque, le fluide cométaire dépasse la surface libre, comme il tend naturellement à se disposer en couches de niveau, il va se répandre en tous sens sur les surfaces de niveau immédiatement extérieures; et puisqu'elles cessent d'être fermées aux environs des sommets, le fluide excédant sort par ces deux points coniques, comme par des ouvertures, et s'écoule dans l'espace sous la forme de deux jets opposés, de deux queues dirigées l'une vers le Soleil, l'autre en sens contraire.

Ce double écoulement continuera tant que des particules s'élèveront du noyau vers la surface libre, pour remplacer celles qui s'échappent. Sa principale cause est donc la dilatation progressive ou la volatilisation de la substance cométaire, suite naturelle de l'accumulation de chaleur au voisinage du périhélie. Il s'y joint une autre cause qui agit tant que la Comète approche du Soleil : la diminution de la distance a au Soleil a pour effet de diminuer les dimensions de la surface libre; car la formule (1) du n° 4, qui peut s'écrire

$$r = a\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}}, \qquad (2)$$

montre que le rayon r décroît avec a. Par suite, la surface libre se contracte en quelque sorte à mesure que l'astre marche vers le périhélie, laissant en dehors d'elle une portion du fluide atmosphérique, lequel s'écoule comme on l'a expliqué.

14. Voilà les circonstances principales qui résultent de l'action perturbatrice du Soleil, et qui constituent les marées des Comètes; si toutefois on peut donner le nom de marée à un phénomène non périodique mais continu, et qui consiste moins dans une déformation du fluide cométaire que dans son écoulement au dehors de l'atmosphère. Quoi qu'il en soit, le caractère essentiel de ces marées est d'affecter une disposition exactement symétrique par rapport au plan mené par le noyau perpendiculairement au rayon vecteur solaire : ce qui a lieu dans la direction du Soleil doit se présenter aussi suivant la direction opposée.

Si cette théorie suffisait pour tout expliquer, c'est-à-dire si l'attraction du Soleil et celle du noyau étaient les seules influences intervenant dans le phénomène, il existerait un accord constant entre l'observation et les conséquences que je viens d'indiquer. Toute Comète aurait, non point une queue unique, mais deux queues directement opposées. Cette circonstance, qui s'est rencontrée chez la Comète de 1824 et chez quelques autres, est pourtant exceptionnelle; on n'observe ordinairement de queue qu'à l'opposite du Soleil. A la vérité, la queue antérieure est souvent remplacée par une aigrette brillante qui peut être considérée comme une queue rudimentaire. Il y a toutefois dans l'aspect des Comètes une telle absence de symétrie, qu'on est obligé de reconnaître l'insuffisance de notre théorie des marées cométaires : elle n'explique qu'une partie des phénomènes.

Une circonstance influe sans doute sur ce défaut de symétrie, c'est l'action calorifique du Soleil, qui ne s'exerce pas de la même manière sur tous les points de la Comète, la partie antérieure étant seule échauffée directement. J'ai indiqué ailleurs cette cause perturbatrice et son mode d'action. Mais pourrait-elle expliquer complètement l'étendue si extraordinaire de la queue opposée au Soleil et l'arrêt de développement de la queue antérieure? Enfin, lorsque cette dernière est remplacée par une aigrette, on s'étonne de voir les bords de cette aigrette recourbés en dehors, comme si les particules lancées

de la Comète vers le Soleil changeaient de direction, à une certaine distance, sans raison apparente, et, revenant sur elles-mêmes, allaient se fondre et se disséminer dans la queue.

15. Ces divers phénomènes conduisent tout naturellement à admettre une influence répulsive s'exerçant du Soleil vers la Comète ; et il semble que l'on s'accorde aujourd'hui, sinon sur la cause physique de cette répulsion, au moins sur son existence. J'ai examiné avec détail, dans mes *Réflexions sur la théorie des phénomènes cométaires*, les opinions les plus accréditées parmi les astronomes, et les diverses hypothèses émises à ce sujet : particulièrement, l'impulsion des rayons solaires, la résistance d'un milieu interplanétaire, l'action magnétique du Soleil, le diamagnétisme des nébulosités et la force répulsive de M. Faye.

Je ne reviendrai pas sur cet examen, bien que depuis lors la question ait fait de notables progrès. Mon intention est ici de me borner exclusivement à l'étude de l'atmosphère des Comètes, pour y montrer l'origine des queues, sans me préoccuper de ce qui se passe dans la queue elle-même, c'est-à-dire du mouvement des particules émanées de la Comète, une fois qu'elles ont cessé d'appartenir à son atmosphère.

La question étant réduite à ces termes, la nature essentielle de l'action répulsive n'est pas absolument indispensable à connaître. Il suffit d'admettre le fait de la répulsion, pour apercevoir les modifications générales qui en résulteront dans la figure d'une atmosphère. On conçoit *à priori* que cette influence tend à augmenter l'émission opposée au Soleil, aux dépens de celle qui s'effectue vers cet astre.

Mais ces conséquences, en quelque sorte intuitives, de l'hypothèse d'une répulsion, méritaient d'être vérifiées et développées par une analyse rigoureuse. Aussi, l'apparition de la Comète de Donati en 1858 ayant porté l'attention sur ce sujet, mes études sur les atmosphères furent rappelées à cette occasion, et notamment par M. Faye, qui dès l'abord adopta décidément l'idée d'une force répulsive. Cet astronome voulut bien m'engager à introduire dans mes calculs l'hypothèse d'une répulsion ; c'est ce que j'ai fait dans le

travail publié, en 1859, sous le titre de *Recherches sur les Atmosphères des Comètes*[1].

La répulsion, telle que je l'ai considérée, agit suivant le rayon vecteur du Soleil, en raison inverse du carré de la distance à cet astre. De plus, elle dépend, pour son intensité, de la matière sur laquelle elle s'exerce : nulle sur le noyau cométaire dont la densité est assez grande, elle devient sensible sur l'atmosphère environnante, et peut même être considérable. Cette action se distingue donc essentiellement de la gravité, par ce caractère d'être proportionnelle à la densité des corps et non pas à leur masse.

16. Ayant ainsi défini la répulsion, je l'ai introduite dans l'équation d'équilibre de l'atmosphère, et j'ai reconnu que, sous l'influence de cette nouvelle force, la figure des couches de niveau cesse d'être symétrique par rapport au noyau cométaire. La surface libre, convexe et légèrement aplatie du côté du Soleil, se termine à l'extrémité opposée par un sommet conique. Les surfaces de niveau intérieures enveloppent le noyau de toute part; mais les surfaces extérieures, fermées vers le Soleil, s'ouvrent à l'opposite, au voisinage du point saillant A, pour s'étendre en nappes indéfinies (*fig.* 3).

C'est par cette unique ouverture que s'échappe, en arrière du noyau, le fluide cométaire en excès. Ainsi, vers le Soleil, des couches régulièrement superposées en formes d'enveloppes ; de l'autre côté, ces couches traversées et comme rompues par l'émission du sommet A, origine d'une queue opposée au Soleil : tel est l'aspect que doit offrir une Comète dans les nouvelles conditions où nous l'avons placée.

17. Toutefois, ces conclusions supposent que l'influence répulsive ait une assez grande intensité, et soit du même ordre de grandeur que l'attraction du Soleil ; elles doivent être modifiées quand la répulsion est très-faible. Or, il est vraisemblable qu'une nébulosité de Comète renferme des matières de nature diverse sur lesquelles la répulsion agit inégalement. Chacune de ces substances constitue une atmosphère spéciale dont les dimensions et la forme dépendent de l'énergie répulsive. Ces atmosphères coexistent

[1] *Annales de l'Observatoire de Paris*, tom. V, 1859.

sans se confondre, chacune ayant sa limite propre, qui est d'autant plus voisine du noyau que la densité est plus faible. Car la répulsion est, par hypothèse, en raison inverse de la densité, et la limite atmosphérique r varie en sens contraire de la répulsion φ, suivant la formule

$$r = \alpha \sqrt{\frac{\mu}{\varphi}}, \qquad (3)$$

qui sera démontrée plus loin (n° 39).

Si, parmi ces atmosphères, il s'en trouve une sur laquelle la répulsion ait une influence extrêmement faible, la forme des couches de niveau y sera tout autre qu'on ne l'a dit au numéro précédent. Voici en effet ce qu'indique alors l'analyse : les deux points coniques opposés de la *fig.* 2 subsistent encore, seulement ils appartiennent maintenant à des surfaces de niveau différentes (*fig.* 4). Chacun des sommets A et A′ sera l'origine d'une émission particulière ; du point A, plus voisin du noyau, émanera la queue principale, et du point A′ un jet secondaire dirigé vers le Soleil. Ce dernier jet perd de son intensité à mesure que la répulsion augmente, parce qu'alors le point A′ s'éloigne de plus en plus du noyau, pour disparaître dès que la répulsion φ acquiert une grandeur finie, comme il sera expliqué au n° 40.

18. L'existence de cette double émission, tant que φ reste très-petit, m'a semblé pouvoir expliquer les secteurs brillants ou aigrettes, ordinairement opposés à la queue, qu'on a observés chez plusieurs Comètes, telles que celle de Halley et la grande Comète de 1861. Cette émission de matière lumineuse vers le Soleil a beaucoup embarrassé les astronomes ; elle avait même conduit Olbers à douer le noyau de la Comète d'une action répulsive sur sa propre nébulosité. Ce que nous avons dit montre clairement que cette émission est au contraire un phénomène tout à fait normal : c'est la queue antérieure indiquée par la théorie des marées cométaires ; seulement, la répulsion a pour effet de l'atténuer, souvent même de l'annuler, tandis qu'elle accroît l'importance de la queue opposée.

Sans la répulsion, les deux queues seraient à peu près pareilles ; la Comète se présenterait précédée et suivie de deux petites aigrettes. Si l'influence répulsive agit sur tout le fluide avec une grande intensité, la queue opposée

au Soleil se manifeste seule et sous des proportions bien plus considérables. Dans les cas ordinaires, les apparences participent à la fois des deux cas extrêmes : la portion de la nébulosité qui est faiblement repoussée s'écoule encore vers le Soleil, sans qu'il soit nécessaire de faire intervenir une répulsion propre au noyau ; le reste du fluide en excès s'écoule suivant la direction contraire.

19. J'ai indiqué cette explication des aigrettes ou secteurs lumineux, dans mes *Réflexions sur la théorie des phénomènes cométaires*, pag. 28. Elle paraît n'avoir pas été bien comprise, puisque quelques personnes ont objecté l'existence de ces secteurs comme incompatible avec les figures qu'indique ma théorie. L'objection serait fondée, si je n'avais pas distingué les trois cas : 1° d'une répulsion nulle (*fig.* 2); 2° d'une répulsion assez grande pour faire disparaître la queue antérieure, et alors l'aspect de la Comète est représenté par la *fig.* 3; 3° enfin, le cas d'une très-faible répulsion, auquel convient la *fig.* 4.

Essentiellement distincts en théorie, ces trois cas pourront se rencontrer réunis chez une même Comète, dont la nébulosité serait formée de plusieurs matières inégalement sensibles à l'action répulsive. Ce qu'il faut bien voir, c'est que les atmosphères correspondantes à chacune de ces matières diverses ont leur forme particulière dépendant de l'intensité avec laquelle elles sont influencées par la répulsion. Ainsi, une atmosphère très-dense, faiblement repoussée, pourra s'étendre fort loin du noyau, tandis que les atmosphères plus légères se termineront de plus en plus près. La formule (3) montre en effet que r diminue quand φ augmente ; de telle sorte que le point de départ d'une queue est d'autant plus voisin du noyau que φ est plus grand, ou la matière émise plus raréfiée.

L'inverse a lieu pour les aigrettes, c'est-à-dire les émissions dirigées vers le Soleil, qui ont lieu lorsque la répulsion φ est excessivement petite. La formule (3) n'est plus alors applicable, et l'on verra (n° 40) que la distance OA′ (*fig.* 4) augmente avec φ, et très-rapidement. Dès que φ acquiert une valeur finie, même assez petite, le sommet A′ est tellement loin de la Comète qu'il n'y a plus lieu d'en tenir compte ; toute émission de matière vers le Soleil est alors rendue impossible par la grandeur de la répulsion.

En définitive, l'existence d'une aigrette suppose une nébulosité assez dense pour être très-faiblement repoussée. Au contraire, l'émission opposée au Soleil n'exige aucune condition de densité, et s'étend à toutes les matières que peut contenir l'atmosphère de la Comète. Ainsi s'explique le grand développement de la queue, et sa prédominance habituelle sur les aigrettes. Quand il n'y a pas d'aigrette, la forme des surfaces de niveau extérieures à la surface libre, généralement fermées et convexes du côté du Soleil (*fig.* 3), mais ouvertes à l'opposite, et allant se confondre dans la queue, reproduit à peu près l'aspect de ces couches ou enveloppes que l'on a souvent comparées à des paraboloïdes ayant le noyau pour foyer.

20. Dans son *Mémoire sur la figure de la grande Comète de 1861*, M. Faye s'est aussi occupé de la théorie des secteurs lumineux[1]. N'ayant pas remarqué mon explication des aigrettes, laquelle repose sur la coexistence autour de la Comète de plusieurs atmosphères inégalement influencées par la répulsion, ce savant en a proposé une nouvelle explication, dont je vais indiquer le principe, en conservant les termes de l'auteur.

« Si l'action de la force répulsive sur la matière émise par la Comète varie en raison de la surface que cette matière présente, cette action n'est pas la même dans toute l'étendue de l'atmosphère : très-faible près du noyau, elle va grandissant à mesure que l'émission se développe elle-même sur un plus grand espace. La force répulsive φ est donc une fonction variable avec la distance r au noyau, fonction telle que, pour r égal au rayon du noyau, φ soit insensible, et grandisse ensuite avec rapidité à mesure que r augmente. »

En partant de cette hypothèse, et s'appuyant sur l'équation des surfaces de niveau que j'avais donnée pour le cas de φ constant, M. Faye conclut que « deux émissions nucléales opposées, dues à la seule influence de l'attraction, persisteront jusqu'à une certaine distance du noyau ; mais au delà elles ne tarderont pas à s'altérer, les courbes méridiennes des surfaces de niveau du côté du Soleil devant s'infléchir en arrière et rétrograder complètement. D'ailleurs, les surfaces situées bien plus loin, par delà l'émission

[1] *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 25 novembre 1861.

nucléale, garderont la forme entièrement convexe au dehors que leur assigne la théorie basée sur la considération de la force répulsive constante.»

21. Le point de départ de cette explication est certainement très-admissible : il résulte du caractère attribué, par hypothèse, à la répulsion, d'agir proportionnellement aux surfaces. On peut donc accorder que l'action de la force répulsive va en décroissant, à l'intérieur de la nébulosité cométaire, depuis la surface extérieure jusqu'au noyau. Mais voyons maintenant quelles conséquences découlent de cette supposition.

Il ne serait pas exact, comme le propose M. Faye, de remplacer dans l'équation finie (n° 29) des surfaces de niveau, la lettre φ, primitivement constante, par une fonction convenablement déterminée de la distance r au noyau ; car cette équation, calculée dans l'hypothèse de φ constant, ne saurait s'appliquer dès que φ est variable. Si l'on remonte à l'équation différentielle de ces surfaces (n° 28), on reconnaît qu'il n'en existe plus dans le cas actuel, la condition fondamentale de l'équilibre du fluide atmosphérique cessant d'être remplie. En général, l'hypothèse d'une répulsion variant à raison de tout autre élément que la distance au Soleil, n'est pas compatible avec un état d'équilibre relatif de l'atmosphère cométaire. Il n'est plus possible alors d'éluder le problème des trois corps, et de ramener à la statique la détermination des figures de la Comète : la question devient inaccessible au calcul.

Ce n'est plus, en effet, une question analogue à celles des marées de l'océan ; ce sont plutôt les mouvements de notre atmosphère, où l'influence de la température, variable avec la latitude, fait également disparaître les surfaces de niveau. Pour acquérir une notion approximative de ce qui se passe dans l'atmosphère cométaire, il ne reste alors qu'à imiter ce qu'on fait pour l'atmosphère terrestre, par exemple dans l'explication des vents alisés : c'est-à-dire, étudier directement l'influence de la nouvelle cause perturbatrice sur les diverses couches atmosphériques.

22. Imaginons donc la nébulosité de la Comète décomposée en couches concentriques par des surfaces parallèles à la surface extérieure ; l'action répulsive, égale dans l'étendue de chaque couche, devra varier de l'une à l'autre, suivant l'hypothèse admise par M. Faye. Mais ces couches peuvent

être considérées comme appartenant à des atmosphères distinctes et superposées, et l'on tiendra compte de la variabilité de φ, en concevant que ces atmosphères soient formées de substances inégalement sensibles à la répulsion solaire.

Or, cette constitution de la Comète ne diffère pas essentiellement de celle qui sert de base à ma théorie, et à laquelle se rapportent les conséquences développées au n° 19. Il y aura donc encore ici à distinguer deux cas : Si la répulsion subie par la surface extérieure de l'atmosphère est considérable, cette surface sera convexe du côté du Soleil, et il en sera de même *à fortiori* pour toutes les couches intérieures, tandis que du côté opposé on aura généralement une queue. Si la répulsion à la surface est au contraire très-faible, cette surface pourra s'ouvrir du côté du Soleil, et donner issue à une nouvelle émission, origine d'une aigrette. Ainsi, l'explication de M. Faye revient, comme on voit, à celle que j'avais donnée.

Ces expansions lumineuses, en forme d'aigrette tournée vers le Soleil, méritaient d'autant plus d'être rattachées à la théorie, qu'elles ne sont pas un phénomène exceptionnel. Sans remonter à la Comète de Halley, les grandes Comètes de 1858 et de 1861, celle à courte période dans sa dernière apparition, et en ce moment même la Comète II de 1862, nous en offrent de frappants exemples. Les deux émissions opposées de la *fig.* 2 sont donc le cas général, pourvu qu'on tienne compte des circonstances particulières qui peuvent faire prédominer l'une d'elles, comme l'indique la *fig.* 4.

23. En résumé, voici, d'après la théorie, quelle apparence doit présenter une Comète dans la portion de son orbite voisine du périhélie. Autour du noyau ou du centre de gravité du corps, s'accumulent des couches plus ou moins denses, entourées elles-mêmes d'une atmosphère qui se termine à une distance dépendant de la masse de la Comète. Sous l'influence de la chaleur solaire, des vapeurs s'élèvent continuellement de toute la surface de l'astre; en atteignant la limite de l'atmosphère, ces vapeurs s'en dégagent pour former autour d'elle des enveloppes dont l'existence n'est que passagère, mais qui se succèdent sans interruption, présentant une forme variable dans ses détails, à peu près permanente dans son aspect général.

Ces enveloppes vont successivement se fondre dans les deux émissions con-

traires qui émanent des deux sommets de l'atmosphère (*fig.* 4). L'une, opposée au Soleil, présente à son point de départ la forme d'un cône très-ouvert; sa direction s'infléchit ensuite et tend à devenir parallèle au rayon vecteur solaire. Vu en perspective sur le ciel, ce conoïde doit offrir vers le bord extérieur un renforcement de lumière, tandis que l'intérieur moins éclairé apparaît, soit comme un secteur obscur, soit comme une ligne noire qui se prolonge à travers la queue.

Du côté du Soleil, mêmes apparences, mais sous des proportions généralement restreintes : l'émission qui a lieu de ce côté peut manquer complètement, et n'est alimentée que par une faible partie de la substance cométaire, celle qui est peu influencée par la répulsion du Soleil. Cette émission antérieure constitue les aigrettes, dont la forme est également conique ; en projection, c'est un secteur brillant, un jet vaporeux que l'action solaire force bientôt à rétrograder.

S'il n'existe pas d'aigrette, il s'accumule sur la face de la Comète qui regarde le Soleil une série de couches superposées, qui sont en dehors de l'atmosphère et tendent à se détruire. Il peut même s'en former au delà de l'aigrette, mais ces couches n'ont qu'une existence transitoire : ne faisant pas corps avec l'astre lui-même, il est plus naturel de les considérer comme le lieu géométrique des particules de même nature simultanément émanées de toute la surface de l'atmosphère.

24. Tels sont les traits généraux qu'une Comète doit nous offrir. Quant aux complications de figure, aux déformations presque subites, en un mot, aux détails variables d'un astre à l'autre, ils réclament une étude particulière. M. Faye a fait ce travail, avec le plus grand soin, pour les grandes Comètes de 1858 et de 1861, et il a reconnu que, loin de contredire la théorie, un examen minutieux venait lui apporter une nouvelle confirmation, pourvu qu'on tint compte des changements de position de la Terre par rapport à la Comète. On comprend en effet qu'une figure aussi complexe que celle que nous avons décrite, se complique encore davantage en perspective, et qu'elle varie, d'un jour à l'autre, avec le point de vue de l'observateur.

M. Faye a fait également un examen approfondi des questions relatives à la courbure des queues simples ou multiples, toujours situées dans le plan

de l'orbite, et à leur déviation par rapport au rayon vecteur, en sens contraire du mouvement sur la trajectoire. Nous ne pouvons que renvoyer à cette intéressante discussion, qui sort du cadre que nous nous sommes tracé.

J'en dirai autant des études de M. Faye sur des phénomènes d'un autre ordre, où il reconnaît encore l'influence d'une répulsion. Je mentionnerai seulement une conséquence curieuse de l'opinion de cet astronome sur la nature de la force répulsive : il en attribue l'origine à l'incandescence du Soleil ; elle disparaîtrait donc si le Soleil venait à perdre sa lumière, et alors les Comètes, dépouillées de leurs queues gigantesques, n'auraient plus que les deux aigrettes opposées résultant de la seule gravitation[1].

25. Quelle que soit l'explication à laquelle on s'arrête (chaleur, magnétisme solaire, diamagnétisme), il importe de remarquer qu'elle doit être basée sur la grande ténuité de la matière cométaire, ténuité qui surpasse tout ce qu'on peut imaginer, et rend les nébulosités comparables au milieu qui occupe le vide des machines pneumatiques. La répulsion que la Comète semble éprouver de la part du Soleil serait donc une conséquence de ce singulier état de la matière sur lequel la physique ne possède pas jusqu'à présent de données certaines.

---

[1] Voici, selon M. Faye, les caractères de la force à laquelle sont dus les faits de répulsion constatés chez les Comètes, et qu'il rattache aux actions répulsives propres aux phénomènes moléculaires. Force répulsive, née de la chaleur : c'est elle qui agit partout où la chaleur intervient pour produire des effets mécaniques. En astronomie, elle apparaît comme résultat de l'incandescence du Soleil, et se transmet à grandes distances. Son action sur un corps est en raison de la surface de ce corps et non de sa masse. Elle n'agit pas à travers la matière, comme l'attraction newtonienne, et ne se propage pas instantanément. On admet provisoirement que son intensité décroît en raison inverse du carré de la distance, et que sa vitesse de propagation est celle des rayons de lumière ou de chaleur. Il s'ensuit que la répulsion ne s'exerce pas, sur un corps en mouvement, dans la direction du rayon vecteur. Cette circonstance, qui n'influe pas sensiblement sur les apparences cométaires, peut au contraire altérer les mouvements. De là, une explication de l'accélération des Comètes périodiques d'Encke et de Faye. Enfin, la nouvelle force n'étant pas une pure hypothèse, mais la manifestation d'une force naturelle, on doit la mettre en évidence par des expériences physiques instituées pour rendre visible la répulsion à distance qu'une surface incandescente exercerait sur l'air raréfié. Tel est l'exposé sommaire du système dont M. Faye a poursuivi le développement dans une série de publications qui ont captivé l'intérêt du monde savant.

A un autre point de vue, l'étude d'une substance réduite à cet état d'extrême dilatation n'aurait pas moins d'importance. En effet, comme l'a judicieusement remarqué M. Radau[1], « la matière des queues de Comètes est tellement disséminée et raréfiée, qu'il faut renoncer à exprimer sa densité en chiffres. Cette extrême division de la matière n'est pas si extraordinaire qu'on pourrait le croire ; elle est comparable à la densité de la matière cosmique dont la concentration a donné naissance, d'après Laplace, aux planètes et à leurs satellites. Concevons que la Terre soit dilatée seulement jusqu'à la Lune, elle serait tellement raréfiée qu'elle deviendrait cinquante fois moins dense que l'air ordinaire ; et si le Soleil se dilatait jusqu'à l'orbite terrestre, sa densité ne serait plus que les 16 millionièmes de celle de l'air atmosphérique. » C'est donc un milieu analogue sous ce rapport aux queues cométaires, qui a constitué l'atmosphère du Soleil pendant la période de sa condensation ; les propriétés encore inconnues de ce milieu nous éclaireraient sans doute sur l'état primitif du système solaire.

26. Mais, sans aborder ces questions mystérieuses de l'origine de notre monde et de la nature des forces que nous voyons s'y exercer, la théorie physique des Comètes nous fournit des problèmes d'un haut intérêt. Parmi les progrès qu'elle a faits dans ces derniers temps, qu'il me soit permis de revendiquer : 1° le principe géométrique des émissions par les points de rupture des surfaces de niveau ; 2° la double émission en sens opposé due à la seule attraction solaire, contrairement à l'opinion d'Olbers et de Bessel, qui y voyaient l'effet d'une action répulsive propre au noyau.

Je me suis efforcé de mettre en évidence ces deux principes, le premier parce qu'il est indépendant de toute hypothèse sur la nature des forces qui sollicitent la Comète, le second parce qu'il dispense de supposer au noyau une action particulière sur sa nébulosité, et qu'il résulte uniquement de la pesanteur vers le Soleil.

Les émissions ont leur point de départ à la limite même de l'atmosphère : c'est là que les molécules qui doivent former la queue et l'aigrette, acquièrent leur vitesse et leur direction initiale, en s'écoulant le long de la surface libre atmosphérique. Cet écoulement, une fois commencé, pourra continuer indé-

[1] *Annuaire du Cosmos*, 1862, pag. 218.

finiment, si la nature et l'élasticité du fluide cométaire sont telles qu'il se porte au delà de la surface limite : car non-seulement la couche excédante se déversera vers les sommets ou points de rupture, et finalement abandonnera la Comète, mais encore le fluide inférieur, s'élevant pour le remplacer, viendra se dissiper à son tour.

Il n'intervient, dans ces phénomènes, d'action étrangère à la gravité, que pour restreindre, renverser ou même détruire l'émission antérieure, et développer l'émission opposée. Cette action se manifeste sur la Comète par une répulsion approximativement dirigée suivant le rayon vecteur solaire. De là l'expression de *force répulsive* que nous employons, bien que nous n'ayons pas à nous prononcer ici sur la cause réelle de ces effets de répulsion. En effet, il serait pour cela nécessaire de rechercher dans le mouvement des Comètes l'influence de cette force, comme l'ont fait MM. Faye, Mœller, Plana; et l'on ne pourrait même en reconnaître la nature physique, sans sortir du domaine de l'astronomie.

Aussi n'ai-je rien présupposé, dans ma théorie et les calculs qui l'accompagnent, sur la nature de la répulsion que j'y fais intervenir. Son origine reste tout à fait indéterminée : j'admets seulement qu'elle est proportionnelle à la densité de la matière qu'elle sollicite, et s'exerce en raison inverse du carré du rayon vecteur. Il suffit de ces suppositions pour établir un accord satisfaisant entre les conséquences de la théorie et les données de l'observation, pour rendre compte de l'apparition des queues et de leur prodigieux développement à l'approche du Soleil, du phénomène des secteurs obscurs, des aigrettes ou secteurs lumineux, de la forme apparente des noyaux tantôt allongés tantôt aplatis dans la direction du Soleil (*fig.* 2 et 3), en un mot de l'aspect général des Comètes et des transformations qu'elles subissent.

Quelle que soit l'importance des travaux dirigés dans le but de reconnaître la nature de la répulsion, je dois dire que mes recherches en sont indépendantes; et laissant à de plus habiles le soin de pénétrer l'origine cachée de cette force répulsive reconnue nécessaire à l'explication des apparences cométaires, je vais passer au développement des calculs d'où résultent les propriétés géométriques d'une atmosphère de Comète. Plusieurs de ces propriétés sont assez générales pour mériter l'attention, indépendamment des phénomènes physiques dont elles contiennent l'explication.

§ II.

DÉVELOPPEMENT DES CALCULS.

27. Je conserverai les notations adoptées dans la première partie de ce Mémoire. L'origine des coordonnées étant au centre de gravité du noyau supposé sphérique, je prendrai pour axe des y le rayon mené au Soleil S, pour axes des x et des z deux droites perpendiculaires entre elles et à Oy (*fig.* 5). Je désignerai par a la distance OS, qui sera traitée comme constante, parce que l'on cherche ce qui se passe à une époque déterminée, pour une position connue de S. Appelons m la masse de la Comète ou l'attraction qu'elle exerce à l'unité de distance, M celle du corps troublant qui est ici le Soleil, μ le rapport $\frac{m}{M}$. Soit α une molécule atmosphérique, s sa distance au point S, r son rayon vecteur, δ l'angle de ce rayon avec Oy.

L'équation différentielle des surfaces de niveau s'obtient, on le sait, en égalant à zéro la somme des forces multipliées chacune par l'élément positif ou négatif de sa direction. $\frac{M}{s^2}$ étant la pesanteur de α vers la masse M, $\frac{m}{r^2}$ sa pesanteur vers le noyau, cette équation est

$$-\frac{M}{s^2}\,ds - \frac{m}{r^2}\,dr = 0,$$

en négligeant l'attraction de l'atmosphère sur ses propres molécules.

On observera qu'il s'agit ici de l'équilibre *relatif* de α par rapport à la Comète supposée fixe : il faut donc, en outre des forces effectives, appliquer à chaque point du système une force égale et contraire à celle qui sollicite vers S le centre de gravité O de m. L'attraction que la masse M du Soleil exerce en O étant $\frac{M}{a^2}$, et agissant dans le sens des y, on joindra le terme $-\frac{M}{a^2}\,dy$ à l'équation précédente, qui devient

$$-\frac{M}{s^2}\,ds - \frac{M}{a^2}\,dy - \frac{m}{r^2}\,dr = 0. \qquad (4)$$

28. Introduisons maintenant la répulsion, qu'on suppose agir sur la Comète, suivant le rayon vecteur du Soleil, en raison inverse du carré de la distance à cet astre. Elle peut être représentée par la gravité elle-même multipliée par un facteur φ dépendant de la matière sur laquelle elle agit. C'est ce facteur φ que nous appellerons *force répulsive :* il sera considéré comme nul sur le noyau cométaire dont la densité est assez grande, mais il a une valeur finie quand il s'agit du fluide atmosphérique.

Cela posé, l'attraction du Soleil sur une particule α étant $\frac{M}{s^2}$, la répulsion éprouvée par la même particule sera $-\varphi\frac{M}{s^2}$. Pour tenir compte de la nouvelle force, il suffit donc de multiplier par $1-\varphi$ le premier terme de l'équation (4). Le terme suivant n'a pas besoin d'être modifié, car il résulte de l'action exercée sur le noyau de la Comète, et l'on est convenu de négliger la répulsion qu'éprouve ce noyau. Le dernier terme subsiste également sans altération, comme provenant de l'action du noyau sur la molécule.

L'équation différentielle des surfaces de niveau, dans le cas actuel, est donc

$$-(1-\varphi)\frac{M}{s^2}\,ds - \frac{M}{a^2}\,dy - \frac{m}{r^2}\,dr = 0. \qquad (5)$$

Si la force répulsive agit avec la même intensité dans toute l'étendue de l'atmosphère, φ est constant : l'équation (5) est différentielle exacte, ce qui est nécessaire pour l'équilibre ; elle s'intègre immédiatement, et donne pour l'équation en termes finis des surfaces de niveau

$$(1-\varphi)\frac{M}{s} - \frac{M}{a^2}y + \frac{m}{r} = \text{const.} \qquad (6)$$

Il n'en est plus ainsi lorsque φ est supposé variable (n° 21), et par exemple fonction de la distance r au noyau. A plus forte raison, si $\varphi = f(r, \delta)$, c'est-à-dire si la force répulsive n'est pas la même, à distance égale, en arrière de la Comète et au devant, ce qui pourrait avoir lieu s'il est vrai qu'elle soit diminuée par l'interposition d'un obstacle. Dans ce cas, le premier membre de l'équation (5) cessant d'être différentielle exacte, l'équilibre du fluide atmosphérique est impossible ; il n'y a donc pas de surface de ni-

veau. Le problème que nous nous sommes proposé n'aurait plus d'objet; aussi, dans ce qui va suivre, φ sera-t-il toujours supposé constant.

29. Nous admettrons de plus que a soit assez grand par rapport à r pour qu'on puisse négliger le cube $\frac{r^3}{a^3}$. Le rapport $\frac{1}{s}$ étant développé suivant les puissances de $\frac{r}{a}$, au moyen de la relation

$$s^2 = a^2 - 2ar\cos\delta + r^2,$$

se réduit alors à

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{a}\left[1 + \frac{r}{a}\cos\delta + \frac{r^2}{2a^2}(3\cos^2\delta - 1)\right].$$

Cette condition de $\frac{r}{a}$ fort petit est toujours remplie pour les Comètes : l'équation (1) montre en effet que, leur masse étant très-faible, les dimensions de leurs atmosphères doivent être très-petites relativement à la distance de l'astre troublant.

Substituons dans l'équation (6) l'expression de $\frac{1}{s}$, et remplaçons y par sa valeur $r\cos\delta$; puis, renfermons le terme $\frac{M(1-\varphi)}{a}$ dans la constante, et multiplions par $\frac{2}{M}$, nous aurons

$$(1-\varphi)\frac{r^2}{a^3}(3\cos^2\delta - 1) + \frac{2\mu}{r} - \varphi\frac{2r\cos\delta}{a^2} = C. \qquad (7)$$

Telle est, entre les coordonnées polaires r et δ, l'équation des surfaces de niveau. La présence du terme en $\cos\delta$ montre qu'elles sont dépourvues de centre, mais elles sont de révolution autour de l'axe Oy.

30. J'appelle *surface limite* une surface en dehors de laquelle les molécules de la nébulosité cométaire ne pèsent plus vers le noyau. L'atmosphère est nécessairement intérieure à cette surface limite, dont on obtient l'équation en égalant à zéro la somme des composantes suivant le rayon vecteur des diverses forces qui sollicitent la molécule.

L'équation des surfaces de niveau étant de la forme

$$V = \Sigma \int P\,dp = \text{const.},$$

on a $\frac{dV}{dr} = \Sigma P \frac{dp}{dr}$. Le second membre est la somme des composantes de toutes les forces suivant la direction r; donc la dérivée par rapport à r du premier membre de l'équation (7) des surfaces de niveau est précisément la composante de la pesanteur suivant le rayon vecteur r. Il suit de là que

$$(1 - \varphi)\frac{r}{a^3}(3\cos^2\delta - 1) - \frac{\mu}{r^3} - \varphi\frac{\cos\delta}{a^2} = 0 \qquad (8)$$

représente la surface limite, toujours dans la supposition de φ constant.

Les points appartenant à l'atmosphère satisfont à l'inégalité

$$(1 - \varphi)\frac{r}{a^3}(3\cos^2\delta - 1) - \frac{\mu}{r^3} - \varphi\frac{\cos\delta}{a^2} < 0, \qquad (9)$$

qui exprime que la pesanteur est dirigée du dehors au dedans.

La surface (8), de même que les surfaces de niveau, n'a pas de centre; ce qui provient du terme en $\cos\delta$ dépendant de la force répulsive φ. Mais tout est symétrique autour de la droite OS qui va de la Comète au Soleil. Il suffira donc d'étudier ce qui se passe dans un plan méridien xOy; et nous n'aurons à parler dorénavant que de courbe limite et de courbes de niveau.

31. Étudions d'abord la *courbe limite*. On a vu dans mes précédents Mémoires que, lorsque $\varphi = 0$, cette courbe est formée de deux branches pareilles L, L′, dont le centre est en O, qui ont pour asymptotes les deux droites $\cos^2\delta = \frac{1}{3}$, ou $\delta = \pm 54°44'$, et telles que

$$OA = OA' = a\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}}.$$

Quand on a égard à la force répulsive, la courbe se déforme progressivement, à mesure qu'on fait croître φ, l'une des branches L se rapprochant de la Comète, tandis que l'autre L′ s'en éloigne (*fig.* 6).

En effet, les distances $OA' = r'$, $OA = r_1$ résultent de l'équation (8) en y faisant $\delta = 0$, $\delta = \pi$, ou bien

$$\cos\delta = 1, \qquad 2(1-\varphi)r'^3 - \varphi a r'^2 - \mu a^3 = 0, \tag{10}$$

$$\cos\delta = -1, \qquad 2(1-\varphi)r_1^3 + \varphi a r_1^2 - \mu a^3 = 0. \tag{11}$$

Ces équations n'ont l'une et l'autre qu'une racine positive. En retranchant membre à membre, il vient

$$2(1-\varphi)(r'^3 - r_1^3) = \varphi a (r'^2 + r_1^2),$$

ce qui exige $r' > r_1$ ou $OA' > OA$.

32. Pour trouver les asymptotes de la courbe, nous écrirons ainsi son équation :

$$(1-\varphi)r^3(3\cos^2\delta - 1) - \varphi a r^2 \cos\delta - \mu a^3 = 0. \tag{12}$$

Elle est de la formé

$$f(\delta)r^m + f_1(\delta)r^{m-1} + f_2(\delta)r^{m-2} + \ldots = 0;$$

dans ce cas, on voit sans peine que les valeurs infinies de r, et par suite les directions des asymptotes, sont données par l'équation

$$f(\delta) = 0,$$

et la plus courte distance Δ de chaque asymptote à l'origine, par

$$\Delta = -\frac{f_1(\delta)}{f'(\delta)}.$$

Ici l'on aura

$$\cos^2\delta = \frac{1}{3}, \qquad \Delta = \frac{\varphi a}{6(1-\varphi)\sin\delta}.$$

D'où deux asymptotes, parallèles aux précédentes, qui se croisent sur l'axe Oy à la distance

$$\frac{\Delta}{\sin\delta} = OC = \frac{\varphi a}{4(1-\varphi)}.$$

Les rayons vecteurs parallèles à ces asymptotes ne coupent pas la branche L', mais ils coupent la branche L. En effet, l'équation (12) n'est pas satisfaite par $\cos\delta = \frac{1}{\sqrt{3}}$; mais elle l'est par $\cos\delta = -\frac{1}{\sqrt{3}}$.

A mesure que φ augmente, le point de concours C des asymptotes se déplace dans le sens Oy, c'est-à-dire marche vers le Soleil. Il est voisin de O tant que φ est très-petit; dès que φ acquiert une valeur finie, OC est de l'ordre a, par conséquent très-grand relativement aux dimensions de l'atmosphère. φ continuant à croître, les asymptotes s'éloignent à l'infini, la courbe L′ disparaît, et les branches de L prennent une forme parabolique.

33. Cherchons la position des sommets A′, A, déterminés par les équations (10) et (11). Si φ est très-petit, on pourra poser

$$OA' = r' = a\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}} + \varepsilon, \quad OA = r_1 = a\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}} - \eta,$$

ε et η étant eux-mêmes très-petits, car ils doivent s'annuler pour $\varphi = 0$. On sait d'ailleurs que le nombre μ est aussi fort petit. Substituant ces expressions de r' et r_1 dans les équations (10) et (11), et négligeant les termes du second ordre par rapport à φ, ε, η, on trouvera

$$\varepsilon = \frac{\varphi a}{6} = \eta,$$

de sorte que

$$r' = a\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}} + \frac{\varphi a}{6}, \qquad r_1 = a\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}} - \frac{\varphi a}{6}. \tag{13}$$

On vérifie ainsi que $OA' > OA$, comme on l'a vu au n° 31.

Ces formules supposent φ extrêmement petit. Si l'on fait croître φ, sans atteindre $\varphi = 1$, on voit immédiatement que la racine positive de l'équation (10) est supérieure à

$$\frac{\varphi a}{2(1-\varphi)},$$

quantité de l'ordre a, c'est-à-dire très-grande par rapport aux dimensions de l'atmosphère de la Comète : le point A′ est donc excessivement éloigné.

Quant à la racine positive de l'équation (11), elle est inférieure à $a\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}}$. Mais si, comme on le suppose, la masse μ est fort petite, il est aisé de s'assurer qu'on a très-approximativement

$$OA = r_1 = a\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}},$$

distance très-petite par rapport à OA′, parce qu'elle dépend de μ.

De là il suit que, φ augmentant, la courbe L′ s'écarte rapidement; pour une valeur finie de φ, on peut presque dire que cette branche n'existe pas, tant elle est éloignée dans la direction du Soleil. Mais du côté opposé, il existe une courbe L qui est la limite atmosphérique (*fig.* 7).

34. Soit maintenant $\varphi = 1$. L'équation (12) se réduit à

$$r^2 \cos\delta + \mu a^2 = 0,$$

et la courbe limite est formée d'une seule branche L_I (*fig.* 7), située à gauche de Ox, ayant cet axe pour asymptote, et coupant Oy à la distance $a\sqrt{\mu}$. L'inégalité (9) est toujours vérifiée à droite de cette courbe.

Enfin, lorsque $\varphi > 1$, la courbe limite L_{II} (*fig.* 7) coupe l'axe Oy à la distance $a\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}}$, et l'axe Ox aux points où l'on a

$$\cos\delta = 0, \qquad (1-\varphi)r^3 + \mu a^3 = 0.$$

Cette dernière équation, qui n'avait pas de racine positive pour $\varphi < 1$, est maintenant satisfaite par

$$r = a\sqrt[3]{\frac{\mu}{\varphi - 1}}.$$

Les directions des rayons vecteurs infinis sont données par $\cos\delta = \frac{1}{\sqrt{3}}$; mais il n'y a pas à proprement parler d'asymptotes, elles sont à une distance presque infinie.

Le rayon mené suivant la direction $\cos\delta = -\frac{1}{\sqrt{3}}$ rencontre la courbe à la distance

$$ON = a\sqrt[4]{3}\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}},$$

laquelle diminue à mesure que φ augmente. On a d'ailleurs

$$OA = a\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}};$$

il s'ensuit que la droite AN reste parallèle à elle-même, quel que soit φ.

35. J'arrive à la discussion des *surfaces de niveau*, dont l'équation (7) peut s'écrire

$$(1-\varphi)r^3(3\cos^2\delta-1)-2\varphi ar^2\cos\delta+2\mu a^3=Ca^3r. \qquad (14)$$

Je considérerai d'abord les très-petites valeurs de φ; et, parmi toutes ces surfaces, celles qui atteignent la surface limite en A et en A′ (*fig.* 6).

Cherchons quelle valeur il faut attribuer à la constante arbitraire C, dans l'équation (14), pour qu'elle soit satisfaite par les coordonnées du point A ($\delta=\pi$, $r=$ OA). Faisons d'abord $\cos\delta=-1$, elle donne

$$\begin{aligned} Ca^3 &= 2(1-\varphi)r^2+2\varphi ar+\frac{2\mu a^3}{r} \\ &= 6(1-\varphi)r^2+4\varphi ar, \end{aligned}$$

en ayant égard à l'équation (11) que OA doit vérifier. Enfin, substituant à r la valeur approchée (13) de OA $=r_1$, on a au même degré d'approximation

$$Ca^3=6a^2(1-\varphi)\sqrt[3]{\frac{\mu^2}{4}}+2\varphi a^2\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}}.$$

La surface cherchée est donc

$$\begin{aligned} &(1-\varphi)r^3(3\cos^2\delta-1)-2\varphi ar^2\cos\delta+2\mu a^3 \\ &=r\left[6a^2(1-\varphi)\sqrt[3]{\frac{\mu^2}{4}}+2\varphi a^2\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}}\right]. \end{aligned} \qquad (15)$$

36. Cherchons de même la surface de niveau qui passe au point A′ ($\delta=0$, $r=$ OA′). L'équation (14) donne, pour $\cos\delta=1$,

$$\begin{aligned} Ca^3 &= 2(1-\varphi)r^2-2\varphi ar+\frac{2\mu a^3}{r} \\ &= 6(1-\varphi)r^2-4\varphi ar, \end{aligned}$$

en tenant compte de l'équation (10) à laquelle satisfait OA′. Substituant ensuite à r la valeur approchée (13) de OA′ $=r'$, il vient

$$Ca^3 = 6a^2(1-\varphi)\sqrt[3]{\frac{\mu^2}{4}} - 2\varphi a^2\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}};$$

et pour l'équation de la surface :

$$(1-\varphi)r^3(3\cos^2\delta - 1) - 2\varphi a r^2\cos\delta + 2\mu a^3$$
$$= r\left[6a^2(1-\varphi)\sqrt[3]{\frac{\mu^2}{4}} - 2\varphi a^2\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}}\right]. \qquad (16)$$

Des deux courbes (15) et (16), la seconde est extérieure à la première, car deux courbes de niveau différentes ne se coupent pas, et la courbe (16) rencontre l'axe Ox à une plus grande distance de l'origine des coordonnées. En effet, si l'on fait dans la première $\cos\delta = 0$, $r = r_0$, et dans la seconde $\cos\delta = 0$, $r = R_0$, on obtient, par soustraction,

$$(1-\varphi)(R_0^3 - r_0^3) + (R_0 - r_0)\,6a^2(1-\varphi)\sqrt[3]{\frac{\mu^2}{4}} = (R_0 + r_0)\,2\varphi a^2\sqrt[3]{\frac{\mu}{2}},$$

qui entraîne $R_0 > r_0$.

37. La forme de ces courbes résulte des deux propositions suivantes: 1° au point de rencontre de la courbe limite avec une courbe de niveau, celle-ci est tangente au rayon vecteur mené par l'origine; 2° si ce point de rencontre est sur l'axe des y, il y passe deux branches de la courbe de niveau, et la surface correspondante y affecte la forme conique.

En effet, l'équation des surfaces de niveau étant mise sous la forme $V = \text{const.}$, on sait (n° 30) que $\frac{dV}{dr} = 0$ est celle de la surface limite. Or,

$$\frac{dr}{d\delta} = -\frac{\frac{dV}{d\delta}}{\frac{dV}{dr}}.$$

$\frac{dr}{d\delta}$ devient donc infini aux points où une courbe de niveau est coupée par la courbe limite : ce qui signifie que le rayon vecteur y est tangent à la courbe de niveau. C'est le premier théorème.

Si en même temps $\frac{dV}{d\delta} = 0$, $\frac{dr}{d\delta}$ devient indéterminée ou possède plu-

sieurs valeurs. Cela a lieu pour les points de rencontre situés sur Oy, car la valeur de $\frac{dV}{d\delta}$ tirée de (7) est

$$\frac{dV}{d\delta} = 3(1-\varphi)\frac{r^2}{a^2}\sin 2\delta + \varphi\frac{2r}{a^2}\sin 2\delta,$$

laquelle s'annule pour $\delta = 0$, $\delta = \pi$. Le second théorème est ainsi vérifié.

38. Il suit de là que la courbe OA (*fig.* 8), fermée de toute part, traverse en A la courbe limite, et s'y partage en deux branches infinies. La courbe OA′ entoure la précédente; elle se bifurque de même au point A′, et s'ouvre à la rencontre de la courbe limite en E, F, où elle est tangente aux rayons vecteurs OE, OF.

Les surfaces de niveau correspondantes sont : l'une fermée, sauf au point A, c'est la vraie *surface libre;* l'autre, extérieure, se transforme au point conique A′ en une nappe illimitée, et du côté opposé s'entr'ouvre en E, F pour s'étendre indéfiniment. Si ces deux surfaces ne sont pas trop éloignées l'une de l'autre (et cette condition sera remplie pour φ très-petit), elles pourront contenir une couche de niveau, entretenue par la dilatation continue du fluide atmosphérique, et qui s'écoule d'une part dans la queue par l'ouverture EF, d'autre part vers le Soleil par le point A′, origine d'un jet secondaire ou aigrette. C'est là le point sur lequel nous avons appelé l'attention au n° 17, en signalant la forme particulière aux surfaces de niveau, lorsque la force répulsive φ est très-petite.

Il est bon de remarquer ici une conséquence des expressions (13) de OA′ et OA : le centre du noyau est plus voisin du point de départ de la queue que de celui de l'aigrette. Si donc on pouvait mesurer avec exactitude leur distance au centre, la substitution de ces distances dans la formule (1) du n° 4 fournirait deux limites extrêmes de la masse μ de la Comète.

39. Passons à l'étude des surfaces de niveau pour le cas où φ, toujours < 1, n'est cependant pas très-petit. La surface libre, c'est-à-dire celle qui atteint en A la surface limite (*fig.* 9), s'obtiendra en déterminant la con-

stante C dans l'équation générale (14), de manière à passer au point A dont les coordonnées sont (n° 30)

$$\delta = \pi, \qquad OA = r_1 = a\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}}. \tag{17}$$

On trouve ainsi, au même degré d'approximation, et en opérant comme au n° 32,

$$Ca^3 = 4a^2\sqrt{\mu\varphi};$$

d'où, pour l'équation de la surface libre,

$$(1-\varphi)r^3(3\cos^2\delta - 1) - 2\varphi a r^2\cos\delta + 2\mu a^3 = 4a^2 r\sqrt{\mu\varphi}. \tag{18}$$

Cette courbe coupe Oy en un autre point B, tel que

$$\cos\delta = 1, \qquad 2(1-\varphi)r^3 - 2\varphi a r^2 - 4a^2 r\sqrt{\mu\varphi} + 2\mu a^3 = 0.$$

L'une des deux racines positives de cette équation a pour valeur approchée $\frac{\varphi a}{1-\varphi}$; elle est très-grande, φ n'étant pas très-petit, et se rapporte à une branche de courbe fort éloignée dont nous ne nous occuperons pas. L'autre racine positive est, aux quantités près de l'ordre μ, racine de l'équation du second degré qu'on obtient en négligeant r^3. On trouve ainsi

$$OB = a\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}}(\sqrt{2} - 1).$$

Le point d'intersection avec Ox est donné par les conditions

$$\cos\delta = 0, \qquad (1-\varphi)r^3 + 4a^2 r\sqrt{\mu\varphi} - 2\mu a^3 = 0.$$

Il n'y a ici qu'une racine positive, ayant pour valeur approchée

$$OC = \frac{a}{2}\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}}.$$

Enfin le grand axe entier $D = OA + OB$ a pour valeur

$$D = a\sqrt{\frac{2\mu}{\varphi}}; \tag{19}$$

il diminue, comme l'on voit, à mesure que φ augmente.

40. En vertu des théorèmes généraux du n° 34, le point A est un point double ; d'où résulte, pour la surface libre, une nappe illimitée, extérieure à la partie fermée BCA, et qui ne convient plus à l'équilibre.

Pour déterminer la direction des deux tangentes en A, transformons l'équation (14) en coordonnées rectangulaires. Il vient

$$2\mu a^3 = \sqrt{x^2+y^2}\,(4a^2\sqrt{\mu\varphi} + 2\varphi a y),$$

en négligeant sous la parenthèse les carrés x^2 et y^2, parce que la petitesse de μ entraine celle de x et y relativement à a ; et ce n'est même qu'à cette condition que l'équation est satisfaite par $x = 0$, $y = -a\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}}$.

Portons maintenant l'origine des coordonnées en A, en remplaçant y par $y - a\sqrt{\frac{\mu}{\varphi}}$, nous aurons

$$\mu a^2 x^2 - 2\mu a^2 y^2 + 2a\sqrt{\mu\varphi}\,x^2 y + \varphi x^2 y^2 + \varphi y^4 = 0.$$

Les termes de moindre dimension égalés à zéro fournissent les tangentes à l'origine : c'est ici $x^2 - 2y^2 = 0$, ou en coordonnées polaires $3\cos^2\delta = 1$, $\delta = \pm 54°44'$. L'angle des deux branches qui se coupent en A est $2\delta = 109°$ environ, comme on l'avait trouvé dans le cas de $\varphi = 0$.

Il existe un autre point du même genre sur l'axe Oy, là où la branche L′ de la courbe limite est rencontrée par une courbe de niveau. Mais lorsque φ a une valeur finie, on a vu que cette courbe est si éloignée, qu'il est inutile d'en tenir compte.

Quand la force répulsive φ est très-faible, par exemple du même ordre que le rapport μ des masses de la Comète et du Soleil, deux points coniques A et A′ existent réellement (*fig.* 8), appartenant à des surfaces de niveau différentes, dont la plus intérieure est la vraie surface libre ; l'autre, extérieure, ouverte en E, F, et en A′, s'éloigne rapidement à mesure que φ augmente.

Pour les valeurs finies de φ, il n'y a, au delà de la surface libre, que des surfaces fermées et convexes du côté du Soleil (*fig.* 9), mais s'ouvrant de l'autre côté, à la rencontre de la surface limite, où elles sont tangentes aux rayons vecteurs menés du point O. Elles présentent, au voisinage du sommet

A, une ouverture unique pouvant donner passage au fluide atmosphérique en excès, et formant le point de départ d'une queue opposée au Soleil.

41. Les courbes de niveau ont-elles des asymptotes? Pour s'en assurer, on applique la méthode générale du n° 32 à l'équation (14), et l'on trouve

$$\cos^2\delta = \frac{1}{5}, \qquad \Delta = \frac{\varphi a}{3(1-\varphi)\sin\delta}.$$

D'où l'on tire

$$\frac{\Delta}{\sin\delta} = \mathrm{OI} = \frac{\varphi a}{2(1-\varphi)}.$$

Tant que φ est très-petit, il y a donc deux asymptotes, parallèles à celles de la courbe limite, et dont le point de concours I est très-voisin de O (*fig.* 8). OI augmente avec φ, et le point I marche vers A′. Dès que φ a une valeur finie, les asymptotes sont très-éloignées, et l'on peut bientôt dire qu'elles n'existent plus; les droites $\cos^2\delta = \frac{1}{5}$ continuent à indiquer la direction des branches infinies.

42. Il sera bon de confirmer la discussion précédente par l'examen du cas particulier $\varphi = 1$, où les formules se simplifient; l'équation (14) se réduit alors à

$$2r^2\cos\delta + Ca^2r - 2\mu a^2 = 0, \qquad (20)$$

d'où

$$r = \frac{-Ca^2 \pm \sqrt{C^2a^4 + 16\mu a^2\cos\delta}}{4\cos\delta}.$$

On reconnaît d'abord que, pour obtenir des courbes fermées, il faut prendre le signe supérieur, car la courbe doit couper chacun des axes, et en particulier l'axe Ox, à une distance finie. Les intersections avec Oy sont données par les conditions $\delta = 0$, $\delta = \pi$, d'où

$$r = \frac{\sqrt{C^2a^4 + 16\mu a^2} - Ca^2}{4}, \qquad r = \frac{Ca^2 - \sqrt{C^2a^4 - 16\mu a^2}}{4}.$$

Cette dernière sera réelle si l'on a $C^2a^4 > 16\mu a^2$. Les courbes fermées répondent donc à des valeurs de C décroissantes depuis l'infini jusqu'à

$C = \frac{4\sqrt{\mu}}{a}$; et, pour cette valeur extrême, $r = \frac{Ca^2}{4} = a\sqrt{\mu} = OA$. C'est précisément la distance de la courbe limite : cette valeur de la constante caractérise la surface libre; les autres surfaces fermées lui sont intérieures, et de plus en plus voisines du centre à mesure qu'on prend C plus grand.

La surface libre coupe Oy à la distance $a\sqrt{\mu}(\sqrt{2} - 1)$, et Ox à la distance $\frac{1}{2}a\sqrt{\mu}$. Les propriétés générales du point singulier A subsistent toujours.

Les valeurs de C inférieures à $\frac{4\sqrt{\mu}}{a}$ donnent des surfaces fermées du côté du Soleil, mais s'ouvrant à gauche dans le voisinage de A, dès qu'elles viennent à rencontrer la surface limite. Les courbes (20) ont pour asymptotes des parallèles à Ox menées à la distance $\frac{Ca^2}{2}$.

Enfin, lorsque $\varphi > 1$, le changement de forme de la courbe limite, indiqué au n° 34, produit un changement analogue pour les branches infinies des courbes de niveau. Mais rien n'est modifié quant à la forme générale de la surface libre et des surfaces voisines. Les théorèmes du n° 37 subsistent avec toutes leurs conséquences. De sorte que, quel que soit φ, dès qu'il n'est plus très-petit, les surfaces de niveau, convexes du côté du Soleil, présentent du côté opposé une ouverture unique, à partir de laquelle elles se développent à l'infini.

43. L'explication des aigrettes ou secteurs lumineux tournés vers le Soleil exige donc la présence, autour de la Comète, d'une atmosphère où la force répulsive soit ou nulle ou très-petite; ce qui vient à l'appui de la théorie de ce phénomène, telle que je l'ai développée au commencement de ce Mémoire. Elle repose en effet sur l'existence simultanée ou successive d'atmosphères distinctes et même de nature diverse; or il est facile de comprendre qu'il ne saurait en être autrement. Voici, par exemple, comment les choses pourront se passer.

Quand l'astre approche du périhélie, l'influence directe de la chaleur solaire détermine la volatilisation d'une partie de la substance du noyau, principalement dans la région qui regarde le Soleil. Il se produit ainsi une première atmosphère, allongée suivant le rayon vecteur, conformément à

la *fig.* 2, et qui tend à s'échapper dans cette direction, par le sommet A', sous forme d'aigrette. Une fois sortie de l'atmosphère, l'aigrette subit une déviation progressive, qu'on expliquerait aisément, comme le fait M. Faye pour les queues proprement dites. Tout le fluide s'étant écoulé, cette première atmosphère a disparu, et le noyau reprend son aspect primitif, jusqu'à ce qu'une nouvelle volatilisation amène la formation d'une autre atmosphère. On voit alors le noyau s'allonger de nouveau vers le Soleil, et une seconde aigrette apparaît. Le développement des queues se manifeste sous des phases analogues.

Les phénomènes qu'on vient de décrire sommairement sont à peu près ceux qu'a montrés la deuxième Comète de 1862 (voyez les descriptions de M. Chacornac). Sans insister davantage, on peut juger qu'ils sont loin de contredire la théorie. Il est même permis de croire que les apparences des nébulosités de Comètes se ramènent, ou à l'un des trois cas que nous avons reconnus, c'est-à-dire à l'une des *fig.* 2, 3, 4, ou à leurs combinaisons. La diversité des formes cométaires, eu égard à l'influence des effets de perspective, est bien moindre qu'on ne le croit ordinairement. M. Faye a déjà montré qu'il n'est pas impossible de les rattacher à un type général. Mais à cet astronome appartient de poursuivre une comparaison qu'il a si heureusement effectuée pour les Comètes de 1858 et 1861. Fournir un point de départ, une base mathématique à cette comparaison de la théorie avec l'observation, tel a été notre but dans ce travail; et pour cela il nous suffit d'avoir complètement décrit les figures théoriques que l'analyse assigne aux atmosphères de Comètes.

44. Il est inutile de pousser plus loin cette discussion qui confirme pleinement le fait d'une répulsion s'exerçant à peu près suivant le rayon vecteur solaire, sur la matière cométaire réduite à l'état d'extrême raréfaction. Les conséquences de cette répulsion s'accordent suffisamment avec la constitution physique des Comètes : les figures théoriques qui en résultent ressemblent par leurs traits essentiels aux formes réellement observées; elles montrent, pour ainsi dire, le germe de la queue, dans le caractère géométrique de la région atmosphérique opposée au Soleil, et aussi l'origine de l'aigrette en regard de cet astre. C'étaient là les deux points importants à éclaircir; et

l'accord est d'autant plus remarquable, que notre théorie est fondée sur la supposition d'une atmosphère en équilibre, tandis qu'en réalité il y a mouvement. Quant aux détails, aux accidents de forme de phénomènes qu'on ne peut s'empêcher de comparer aux nuages de notre atmosphère, il serait au moins prématuré de chercher ici à les expliquer.

Un examen plus minutieux, une comparaison plus suivie de la théorie avec les particularités de l'observation, pourra conduire, soit à modifier l'hypothèse prise pour point de départ, soit à lui en joindre d'autres. Mais le principe fondamental qui nous a guidé dès l'origine et dans tout le cours de ces recherches, et qui rattache les émissions cométaires à la figure de l'atmosphère et à la position des points de rupture des surfaces de niveau, ce principe est indépendant de toutes les hypothèses, et il subsisterait sans elles. Sans doute il reste encore, dans ce difficile sujet, bien des points obscurs ou incomplets; mais un premier pas est fait, l'attention des astronomes est tournée vers ces études, et les progrès déjà accomplis permettent d'en espérer de nouveaux. En tout cas, il ne serait plus vrai aujourd'hui de dire comme Arago, dans son *Astronomie populaire*, après avoir fait l'historique des diverses explications qu'on a proposées des queues de Comètes: « Aucune théorie ne rend compte, non-seulement des détails, mais encore du gros des phénomènes. »

Fig. 1.

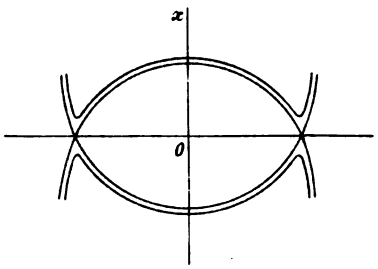


Fig. 2

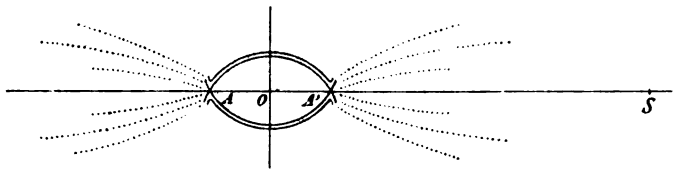


Fig. 3.

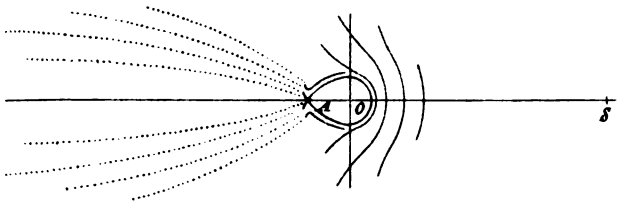


Fig. 4.

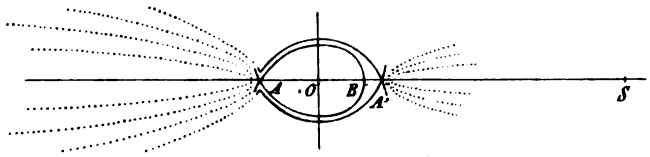


Fig. 5

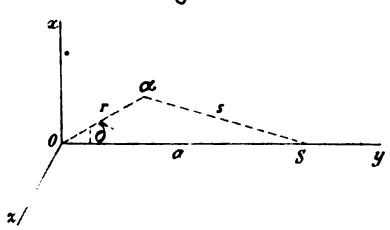


Fig. 6.

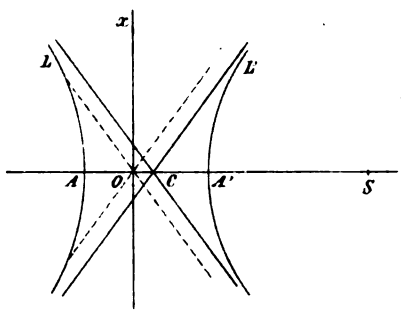


Fig. 7.

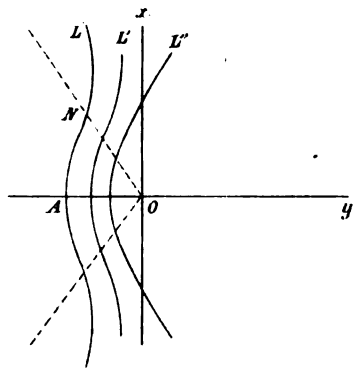


Fig. 8.

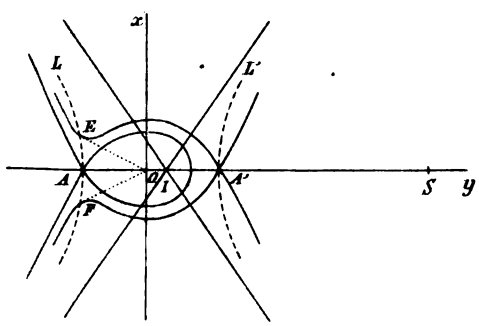
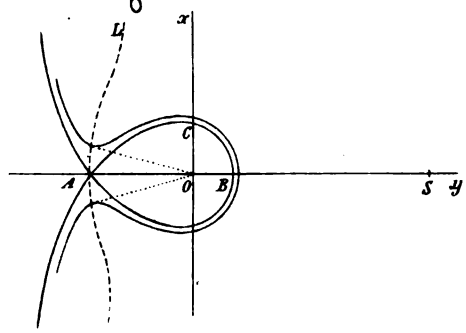


Fig. 9



Lith. Boehm et fils, Montpellier.

NOTICE

SUR

M. MARCEL DE SERRES

PROFESSEUR DE MINÉRALOGIE ET DE GÉOLOGIE A LA FACULTÉ DES SCIENCES,
MEMBRE DE L'ACADÉMIE;

Par M. Paul GERVAIS.

M. de Serres de Mesplès (Pierre-Marcel-Toussaint), né à Montpellier le 3 novembre 1780 et mort dans cette ville le 22 juillet 1862, se faisait gloire d'appartenir à la même famille que le célèbre agronome Olivier de Serres. Son père et son grand-père ont été l'un et l'autre présidents à la Cour des aides de Montpellier, et il a lui-même exercé, de 1814 à 1852, les fonctions de conseiller. Il laisse un ouvrage en trois volumes intitulé : *Manuel des cours d'assises*.

Mais c'était à ses nombreux travaux scientifiques qu'il devait sa grande réputation. Les différents ouvrages relatifs à l'histoire naturelle qu'il a successivement publiés, les mémoires, consacrés à des sujets si variés, qu'il a fait insérer dans les journaux scientifiques ainsi que dans les recueils académiques, en France et dans plusieurs autres parties de l'Europe, avaient depuis longtemps assuré à son nom une véritable popularité.

Son activité était incessante ; aucune des difficultés devant lesquelles la persistance des autres hésite ou se reconnaît vaincue, ne pouvait l'arrêter. Dans les grandes choses comme dans les petites, il poursuivait son but

avec une sorte d'opiniâtreté modeste et douce qui finissait toujours par lever les obstacles, et, pour ce qui concerne la science, la notion d'une foule de faits curieux, la possession d'un grand nombre d'objets rares ou nouveaux, ont été la récompense de ses efforts persévérants.

Ses importantes collections, qu'il augmentait chaque jour, lui ont été d'une grande utilité dans ses travaux, et il lui est devenu facile d'enregistrer dans les archives scientifiques beaucoup de documents intéressants ou même utiles qui, sans lui, eussent été perdus ou seraient ignorés du plus grand nombre. Il était de la classe de ces savants, rares aujourd'hui, qui envisagent à la fois toutes les branches de la science au lieu de s'appliquer aux progrès d'une seule d'entre elles, cherchent à les éclairer les unes par les autres et abordent simultanément les sujets les plus divers pour arriver à des résultats plus généraux. C'est ainsi que les travaux de notre regretté collègue ont eu pour objet le règne animal et le règne végétal, considérés dans leurs espèces vivantes ou éteintes[1]; les lois de la succession de ces espèces à la surface du globe[2]; leur répartition géographique[3] et, dans quelques cas, leur anatomie ainsi que leur physiologie. Ses mémoires sur les yeux des insectes[4] et sur le vaisseau dorsal de ces animaux[5] sont cités dans tous les ouvrages d'anatomie comparée. Ses recherches sur les cavernes à ossements[6], suivies à Lunel-Viel, à Bize, etc., ont été fort utiles à la paléontologie. On estime également sa *Géognosie des terrains tertiaires*[7], et peu de personnes ignorent qu'il a aussi publié, entre autres ouvrages étendus, une *Cosmogonie de Moïse, comparée aux faits géologiques*[8]. En même temps il s'occupait de géologie et de minéralogie pures, et l'on a de lui différents travaux relatifs à ces deux ordres de sciences. Ses mémoires sur les terrains du midi de la France occupent une place importante dans l'histoire de la géologie[9].

Le père de M. de Serres aurait désiré qu'il entrât dans la Maison du Roi, et il l'avait, à cet effet, envoyé à l'école des Bénédictins de Ribaies, près Lyon. La Révolution changea ce projet, et ramena le jeune de Serres à Montpellier, où il eut pour maître un savant distingué, Encontre, qui fut plus tard professeur à la Faculté des sciences de cette ville et à celle de théologie protestante de Montauban. Ses premières études scientifiques ont eu pour objet l'histoire naturelle, plus particulièrement l'entomologie.

Encore jeune, plein d'ardeur et d'activité, désireux de se faire une posi-

tion, car il ne pouvait plus compter sur la fortune dont sa famille avait longtemps joui, il se rendit à Paris. Gouan, Broussonnet, Draparnaud, Amoreux, etc., avaient été ses maîtres ou ses modèles dans le Midi; à Paris, il devint l'élève de Haüy, minéralogiste célèbre, et d'Alexandre Brongniart, à qui la géologie doit des découvertes si importantes. Il se perfectionnait auprès d'eux et suivait aussi les leçons des professeurs illustres qui honoraient en ce moment la capitale, lorsque, le 16 mai 1809, il reçut du comte Daru, son compatriote, une lettre qui l'appelait immédiatement à Vienne.

Daru, intendant général de la grande armée, avait pensé qu'il y aurait profit pour la science et pour l'industrie à créer une place d'inspecteur des arts et manufactures, et il choisit, pour remplir cette délicate mission, M. Marcel de Serres. « Vos fonctions, lui écrivait-il, seront de visiter les établissements qui intéressent les arts et les sciences, de me faire des rapports sur ces établissements, et surtout d'apporter votre attention à ce qui peut être utile pour le perfectionnement de ceux de la France. Vous ferez aussi des catalogues des objets contenus dans les divers Muséums, afin que je puisse juger de ce qui manque à ceux de la France. Vous soignerez aussi les envois de plantes que les administrateurs des divers jardins feront, soit à Sa Majesté l'Empereur, soit au Muséum d'histoire naturelle de Paris.» La recommandation faite de préférence à toutes les autres était celle d'examiner avec attention les objets vraiment utiles, et dont la connaissance pourrait permettre d'améliorer les établissements scientifiques de la France, ou être pour notre pays un élement nouveau d'industrie.

Cette mission, qui a tant influé sur la direction scientifique de M. de Serres, en l'obligeant à mener de front les questions les plus diverses, offrait au jeune élève d'Haüy et de Brongniart la perspective d'un avenir trop brillant pour qu'il ne l'acceptât pas immédiatement et avec reconnaissance. Il partit donc pour se rendre auprès de l'éminent administrateur qui l'appelait; et il était avec lui depuis deux mois seulement, lorsque, en récompense de ses premiers services, il fut nommé professeur.

Ce fut à Vienne, quinze jours environ après la bataille de Wagram, bataille à laquelle il avait assisté comme fonctionnaire civil sous les ordres de M. Daru, attaché lui-même à l'état-major du maréchal Davoust, que M. de Serres apprit qu'une position lui était faite dans l'enseignement supérieur. La Fa-

culté des sciences de Montpellier venait d'être organisée, et, par décret du 25 juillet 1809, il y était nommé professeur pour la chaire de minéralogie.

Il continua toutefois à remplir, pendant quelque temps encore, sa mission comme inspecteur des arts; et lorsque l'armée française quitta l'Autriche, il fut chargé de visiter, dans le même but, le Tyrol, la Bavière, le pays de Salzbourg et les villes anséatiques. Les nouveaux documents qu'il réunit pendant ce voyage, et ceux qu'il s'était procurés en Autriche, ont fourni la matière de seize volumes[10], qui ont paru de 1813 à 1823.

Tout en s'occupant de ces publications, M. de Serres trouvait le temps de remplir avec exactitude sa charge de conseiller à la Cour, et de s'acquitter, avec le même zèle, de ses devoirs de professeur. Il imprimait aussi dans les recueils scientifiques[11], comme il a continué à le faire jusque dans ces derniers temps, des mémoires de zoologie, de paléontologie, de géologie, etc., et il insérait, dans les journaux consacrés à l'industrie, des détails relatifs aux procédés sur lesquels il avait recueilli des notes. On lui doit, entre autres indications qui ont rendu des services à notre pays, des données relatives à la lithographie, dont Aloys Senefelder venait de découvrir les premiers procédés. Il a également fait paraître la traduction d'un grand mémoire d'OErstedt sur l'identité des forces chimiques et électriques[12].

Depuis lors, notre collègue n'a laissé échapper aucune occasion de livrer à la publicité les faits nouveaux et intéressants qu'il observait ou qui venaient à sa connaissance; il a mis ses collections et sa bibliothèque à la disposition de tous ceux pour qui elles pouvaient être de quelque utilité, et il a appelé auprès de lui une foule de jeunes gens désireux d'étudier les sciences naturelles. Beaucoup d'entre eux ont occupé depuis et, pour la plupart, occupent encore un rang distingué dans l'enseignement.

M. de Serres a continué ses travaux et ses cours jusqu'à ses derniers moments. La veille de sa mort, il demandait où en était l'impression d'un travail qu'il avait remis depuis quelques jours à cette Académie[13], et, se faisant illusion sur ses propres forces à tout jamais anéanties, il parlait aussi de se rendre à la Faculté pour siéger aux examens; comme si cinquante-trois années de services non interrompus ne lui donnaient pas le droit de prendre du repos, ne fût-ce que momentanément!

Peu d'hommes ont eu une existence aussi remplie; peu de savants ont

déployé autant d'activité et se sont trouvés dans des conditions aussi favorables pour rendre des services à la science. Sur un autre théâtre et avec plus d'ambition, notre collègue eût pu arriver à une haute position dans l'État; mais ses désirs n'étaient point tournés vers les grandeurs.

Simple dans ses goûts, obligeant et poli dans ses relations, plus dévoué à la science que sensible aux honneurs auquels elle conduit, il semblait ne pas même se douter de l'étendue de sa propre réputation. Il savait être heureux sans éclat, célèbre sans ostentation. Ajouter aux jouissances douces du savant les joies pures de la famille, c'était là tout son bonheur, et il a été aussi heureux comme père que comme époux. Ses proches respectaient jusqu'à ses moindres désirs, et le dévouement dont sa fille aînée lui a donné tant de témoignages dépassait encore, s'il est possible, celui de tous les autres.

Les titres honorifiques étaient venus trouver M. Marcel de Serres plutôt qu'il n'était allé au-devant d'eux, et beaucoup de Sociétés célèbres, en France, dans le reste de l'Europe et en Amérique, l'avaient inscrit sur la liste de leurs membres. Il appartenait à l'Académie royale de Berlin depuis l'année 1822.

NOTES.

[1] *Essai pour servir à l'histoire des animaux du Midi de la France.* (Statistique du département de l'Hérault, publiée par Creuzé de Lesser; in-4°. Montpellier, 1824.)

[2] *Du perfectionnement graduel des êtres organisés;* 1 vol. in-8°, chez Lafargue. Bordeaux, 1854. — *Paléontologie, ou des lois de l'organisation des êtres vivants;* 2 vol. in-12, chez Roret. Paris, 1846. — Divers Mémoires du même auteur sont relatifs à des animaux antédiluviens ou mythologiques ; d'autres ont trait aux végétaux. M. de Serres s'est également occupé de l'espèce humaine envisagée sous le double point de vue de l'ethnographie et de la paléontologie.

[3] *Observ. génér. sur les lois de la distribution des animaux sur le globe.* (Journ. de physique, tom. XLVI, pag. 26 et 80; 1823.) — *Des causes des migrations des animaux, et particulièrement des oiseaux et des poissons.* (Acad. de Harlem; 1842. — Édit. française, in-8°, chez Lagny frères. Paris, 1845.)

[4] *Mémoire sur les yeux composés et les yeux lisses des insectes, et sur la manière dont ces deux espèces d'yeux concourent à la vision.* (Mém. Soc. libre des sc. et belles-lettres de Montpellier, tom. V, pag. 53; 1813.)

[5] *Observations sur les usages du vaisseau dorsal ou sur l'influence que le cœur exerce dans l'organisation des animaux articulés et sur les changements que cette organisation éprouve, lorsque le cœur ou l'organe circulatoire cesse d'exister.* (Mém. du Muséum d'hist. nat. de Paris, tom. IV, pag. 115, avec pl.)

[6] *Essai sur les cavernes à ossements et sur les causes qui les y ont accumulés*; broch. in-8°, chez J. Martel aîné. Montpellier, 1836. — *Idem*. 3e édit., 1 vol. in-8°, chez Castel. Montpellier, 1838. — *Recherches sur les ossements des cavernes de Lunel-Viel* (*Hérault*); en commun avec MM. Dubrueil et Jeanjean. (Mém. du Muséum d'hist. nat., tom. XVII, pag. 380, et tom. XVIII, pag. 93 et 313.) — *Idem*, 1 vol. in-4°, avec pl., chez Boehm. Montpellier, 1839. — *Notice sur les cavernes à ossements du département de l'Aude*; in-4°, avec planches, chez Boehm. Montpellier, 1839. — D'autres mémoires relatifs à des cavernes à ossements observées dans plusieurs de nos départements méridionaux, sont publiés dans divers recueils.

[7] *Géognosie des terrains tertiaires, ou Tableau des principaux animaux invertébrés des terrains marins tertiaires du Midi de la France*; in-8°, chez Pomathio-Durville. Montpellier, 1829. — Voir également, sur le même sujet, le travail de M. de Serres intitulé : *De la simultanéité des terrains de sédiment supérieur.* (Encycl. méth., Géogr. phys., tom. V, pag. 1 à 124; 1830.)

[8] *De la cosmogonie de Moïse comparée aux faits géologiques*; 1 vol. in-8°. Paris, Lagny frères, 1838. — La 3e édition en 2 vol., *ibid.*, 1860.

[9] *Terrains d'eau douce du bassin de Castelnaudary.* (Ann. sc. nat., 1844.) — *Notice sur le département de l'Aude.* (Soc. linn. de Bordeaux, 1838.) — *Notice géologique sur le département de l'Aveyron.* (Acad. Bruxelles; Mém. couronné et Mémoires des savants étrangers, tom. XVIII, 1845, et Ann. Soc. d'agric. de Lyon, 1845.) — *Notes géologiques sur la Provence.* (Soc. linn. de Bordeaux, 1843.) — Nombreux mémoires sur la Géologie et la Paléontologie des départements de l'Hérault, du Gard, de l'Aude, etc., insérés dans divers recueils.

[10] *Voyage dans le pays de Salzbourg*; 1 vol. in-8°; 1813. — *Voyage en Autriche, ou Essai statistique et géographique sur cet empire*; 4 vol. in-8°, Arthus Bertrand. Paris, 1814. — *Essai sur les arts et les manufactures*; 1 vol. in-8°. Paris, Chaigneau, 1814. — *Des mœurs et des costumes des habitants de l'Autriche*; 6 vol. in-12. Paris, Nepveu, 1821. — *Voyage en Tyrol et en Bavière*; 2 vol. in-8°. Paris, Nepveu. 1823.

[11] Particulièrement dans les recueils intitulés : *Journal de physique*, par de Blainville; *Annales de chimie et de physique*; *Bibliothèque universelle de Genève*; *Mémoires du Muséum d'hist. natur. de Paris*; *Bulletin universel*, par Férussac; *Magasin de zoologie*, et autres publications de M. Guérin; *Annales des sciences naturelles*; *Comptes-rendus hebdomadaires de l'Académie des sciences de Paris.* Voir aussi les mémoires et publications périodiques, scientifiques, de médecine ou autres de Harlem, Bruxelles, Strasbourg, Bordeaux, Lyon, Marseille, Montpellier, ainsi que d'un grand nombre d'autres villes. Il nous a été impossible de donner, à cause de son étendue, la liste complète de ces publications.

[12] *Recherches sur l'identité des forces chimiques et électriques*, par M. *H. C. Œrstedt*, professeur à l'Université de Copenhague et membre de la Société royale des sciences de la même ville; traduit de l'allemand par M. *Marcel de Serres*, in-8°. Paris, Dentu, 1813.

[13] *De la richesse minéralogique du département de l'Hérault* (imprimé dans le présent Recueil et dans la Revue des Sociétés savantes, numéro du 25 juillet 1862.)

SUR

LES EMPREINTES VÉGÉTALES

trouvées à ARMISSAN (Aude)

ET DÉTAILS GÉOLOGIQUES ET PALÉONTOLOGIQUES SUR CETTE LOCALITÉ;

Par M. Paul GERVAIS.

Il existe à Armissan, près Narbonne, dans le département de l'Aude, un curieux gisement de fossiles tertiaires particulièrement riche en empreintes végétales. M. Adolphe Brongniart, qui, le premier, en a déterminé avec exactitude un certain nombre d'espèces, en a fait le sujet d'un mémoire publié il y a plus de trente ans [1]. Il y signala dès-lors trois acotylédones (*Muscites Tournalii*, *Filicites polybothrya* et *Equisetum brachyodon* [2]); deux conifères (*Pinus pseudostrobus* et *Taxites Tournalii*); une monocotylédone (*Smilacites hastata*) et trois dicotylédones (*Carpinus macroptera*, *Betula Dryadum* et *Comptonia dryandræfolia*); en tout neuf espèces, toutes supposées différentes de celles de la nature actuelle, quoique rapportées à des genres aujourd'hui existants.

D'autres végétaux également différents de ceux de notre époque ont encore été trouvés à Armissan, et l'on a reconnu que plusieurs d'entre eux étaient communs à cette localité, ainsi qu'à divers gisements, pour la plupart étran-

[1] *Ann. sciences nat.*, 1re série, tom. XV, pag. 43; 1828.

[2] La distinction de cette espèce n'a pas été confirmée.

gers à la France, qui sont également riches en débris de plantes éteintes, tels que les lignites de la partie inférieure du Rhin, plusieurs localités de la Suisse, Hering (en Tyrol), Radoboj (en Croatie), le Monte Promina (en Dalmatie), etc. Les marnes calcaires des environs de Clermont-Ferrand et celles de Saint-Jean-de-Garguier, dans le bassin de Marseille, ont aussi quelques-unes des espèces qui se trouvent à Armissan.

M. Brongniart a indiqué quelques faits de cet ordre dans son dernier travail sur les végétaux fossiles[1], et il y a fait d'Armissan, ainsi que de plusieurs des localités que je viens de citer, autant de dépôts miocènes. Il est vrai qu'il attribue également à la même époque les plantes fossiles conservées dans les marnes gypsifères d'Aix, qui sont, pour nous, de l'époque proïcène ; enfin, il cite même le *Callitrites Brongniartii*, Endl., comme se rencontrant à la fois à Armissan et à Aix.

Deux des plantes anciennement signalées à Armissan par M. Brongniart portent le nom de M. Tournal, naturaliste et archéologue de Narbonne, qui a recherché avec un soin tout particulier les impressions végétales de cette localité, et qui a contribué depuis lors à accroître la liste dont il avait fourni les premiers matériaux au savant botaniste parisien. L'Exposition d'histoire naturelle que M. le Préfet de l'Hérault et M. le Maire de Montpellier ont, sur notre demande, autorisée dans cette dernière ville, à propos du Concours régional de 1860, nous a fourni l'occasion d'examiner une fort belle série d'empreintes, soit végétales, soit animales, provenant d'Armissan, parmi lesquelles il s'en est trouvé quelques-unes indiquant des espèces dont on n'avait point encore parlé. Elles ont été réunies par M. l'abbé Cussol, curé d'Armissan, dont j'avais moi-même stimulé le zèle, en lui faisant remarquer combien son crédit auprès des ouvriers attachés aux carrières situées dans sa commune pourrait être profitable à la science. Depuis lors, M. Cussol a bien voulu s'intéresser à ces questions, et, dans une visite que j'ai faite à Armissan en 1861, j'ai pu, grâce à son concours, me procurer à mon tour de fort belles pièces.

Je possède aujourd'hui des empreintes végétales qui proviennent certainement de plus de trente espèces distinctes, et parmi elles plusieurs formes

[1] *Diction. univ. d'hist. nat.*, tom. XIII, pag. 165.

remarquables au nombre desquelles je citerai dès à présent une Fougère (*Adiantum Cussolii,* P. Gerv.) de la même tribu que la Capillaire de Montpellier ; plusieurs Conifères représentés par des rameaux et par des cônes; une inflorescence encore indéterminée, peut être comparable à celle de certaines Asparaginées, mais rappelant autant les *Dianella* que les Smilax dont le genre a déjà été signalé dans le même gisement; un Dracæna (*Dracæna narbonensis*, P. Gerv.) représenté par un grand bouquet de feuilles dont j'ai fait le sujet d'une note adressée à l'Académie des Sciences de Paris, et diverses espèces de l'embranchement des dicotylédones.

M. Gaston de Saporta, qui est très-versé dans la connaissance des végétaux fossiles propres au midi de la France, a fait une étude attentive des échantillons réunis par moi, échantillons qui font aujourd'hui partie des collections de la Faculté des sciences de Montpellier, et il se propose d'en publier prochainement la description détaillée ; aussi ne parlerai-je ici que de quelques-uns d'entre eux.

1. *Fougères.*

Adiantum (*Lindsæa?*) Cussolii.

(*Pl.* X, *fig.* 1.)

La jolie fougère que nous avons reçue d'Armissan est très-nettement caractérisée par son rachis rameux portant des pinnules bursiformes, à peu près triangulaires, vers le bord supérieur desquelles se voient les sporanges réunies linéairement en sores continues, encore très-apparentes dans la plupart des pinnules dont l'impression s'est conservée sur le fragment de roche qui nous les présente. Au-dessus des sores paraît exister une indusie à bord externe libre et ondulé, longeant la partie supérieure du limbe de chaque pinnule.

Cette espèce tient à la fois des Adiantum proprement dits, auxquels appartiennent la Capillaire de Montpellier (*Adiantum capillus-Veneris*) ainsi que différentes espèces propres aux régions chaudes des deux continents, et des *Lindsæa* qui comprennent un certain nombre de Fougères exotiques communes dans les régions tropicales, l'Afrique exceptée, mais ayant aussi des représentants dans les parties sud de la Nouvelle-Hollande. Une étude

attentive de ses nervures et la comparaison de ses autres caractères de frondes, de sporanges et d'indusies, avec ceux des espèces actuellement connues dans les deux genres que nous venons de citer, permettront d'en assurer exactement la position parmi les Fougères de l'un ou de l'autre de ces deux groupes. C'est un soin que nous laisserons aux botanistes familiers avec l'étude des Fougères. Et d'ailleurs, quoique notre échantillon soit des mieux conservés, il laisse néanmoins subsister quelque incertitude sur certains points, et il est peut-être prudent d'attendre que d'autres pièces viennent lever les difficultés encore existantes. Nous nous bornerons donc, après avoir exposé les caractères qui précèdent et que notre figure 1 de la Planche X reproduit exactement, à rappeler que nous avons voulu dédier la Fougère d'Armissan, dont il vient d'être question, à M. l'abbé Cussol, qui nous a remis le seul exemplaire que nous en possédions encore, et dont l'extrême obligeance nous a fourni une partie des matériaux décrits dans ce travail.

On connaissait déjà des Adiantum fossiles; mais ils ont été pour la plupart trouvés dans les terrains paléozoïques, et ne peuvent d'ailleurs être confondus avec l'espèce tertiaire dont il vient d'être question. Les *Adiantites renatus*, Unger, du dépôt tertiaire de Parschlug, et *A. Shlehani*, Ettingsh., de Monte-Promina, ont seuls des rapports avec l'*Adiantum Cussolii*, en ce qui concerne leur gisement.

II. *Conifères.*

On a vu plus haut que M. Brongniart avait constaté la présence à Armissan de plusieurs sortes de végétaux gymnospermes de la famille des Conifères. Les débris de ce groupe, feuilles et fruits, sont en effet très-fréquents dans cette localité, et l'on peut aisément reconnaître, par la simple inspection des feuilles ou par celle des cônes, qu'ils se rapportent à plusieurs espèces. Il est, à la vérité, plus difficile de déterminer ces espèces, et je ne puis, à cet égard, que rappeler ce qu'ont observé le botaniste célèbre que je viens de citer, et M. Gaston de Saporta.

Le *Taxites Tournalii*, Brongn., qui paraît devoir être associé aux Sequoïa, est aisé à reconnaître parmi les fossiles d'Armissan.

Le genre *Sequoïa* est, en outre, représenté au même lieu par une seconde espèce dont je possède un très-beau rameau. Cette espèce serait le *Sequoïtes taxiformis*, Brongn., répondant aussi, d'après la remarque que m'en a faite M. de Saporta, aux *Abies brevifolia* et *acicularis*.

Les trois espèces de cônes que je possède, et que j'ai fait représenter toutes les trois sur la Planche X de ce Recueil, sont associées à trois sortes de feuilles, l'une à deux acicules, la seconde à trois et la troisième à cinq. Rapporter chacune de ces formes de feuilles à l'un des cônes que je possède n'est pas non plus chose facile, et d'ailleurs il existe à Armissan des restes de plus de trois espèces de *Pinus*. M. de Saporta y a, en effet, trouvé plus récemment les cônes de deux espèces encore différentes de celles que je me suis procurées de mon côté.

Toutefois les feuilles à cinq acicules proviennent peut-être, comme les cônes les plus grands, à écailles larges et prolongées en languettes (Pl. X, fig. 4), du *Pinus pseudostrobus*, Brongn., qui appartient à la même division que le *Pinus strobus* de l'Amérique boréale, vulgairement appelé Pin du Lord et Pin de Weimouth.

Le cône plus court et ovoïde, à écailles serrées et surmontées d'une saillie (Pl. X, fig. 2), pourrait être rapproché du *Pinus Saturni*, Unger, voisin lui-même du *Pinus tæda* ou Pin à l'encens, et M. de Saporta lui trouve aussi de la ressemblance avec l'espèce fossile à laquelle M. Unger a donné le nom de *Pinus tædiformis*. Peut-être les feuilles à trois acicules proviennent-elles de cette espèce.

Quant au cône grêle, allongé et fusiforme de la figure 3, c'est au *Pinus Lerdoi* du Mexique, espèce à cinq feuilles assez voisine du *Pinus leucophylla*, que son apparence générale semble devoir le faire particulièrement comparer.

Nous avons fait représenter sur la Planche X et sous le n° 5 un chaton mâle provenant également de l'un des pins fossiles à Armissan. Sa base est garnie d'une écaille gemmaire. De semblables empreintes ont été recueillies à Fenestrelle, près d'Aubagne (Var).

III. *Monocotylédones.*

DRACÆNA NARBONENSIS.
(*Pl.* XI, *fig.* 3.)

La famille des Palmiers, dont la présence parmi les végétaux tertiaires de la France est un fait bien connu des personnes qui s'occupent de géologie, n'a encore été constatée à Armissan que par la découverte d'un petit fragment de feuille ; mais le fragment dont il s'agit ne laisse aucun doute à cet égard. On peut même admettre que l'espèce dont il provient appartenait au genre *Flabellaria.*

Pendant la course que j'ai faite, l'été dernier, à Armissan, j'ai pu me procurer de grandes empreintes indiquant une autre grande espèce de monocotylédones d'un genre également propre aux régions chaudes. C'est une touffe de grandes feuilles sessiles représentées à la réduction de 1/8 dans les Planches qui accompagnent ce Mémoire. Ces feuilles sont linéaires et obtuses. On en compte encore une douzaine en place, quoiqu'une partie considérable de la pierre qui les présente ait été détruite par les ouvriers ou employée à quelque usage ; ce qui ne nous a pas permis de compléter ce magnifique échantillon. Ces feuilles avaient environ $1^m,50$ de longueur sur une largeur maximum de $0^m,040$.

Au premier abord, on dirait un pied de quelque grande espèce d'Iridées comparable à l'*Iris pseudo-acorus* de nos pays; mais les rares plantes de cette famille qui ont été signalées par M. Heer parmi les fossiles tertiaires de l'Europe n'ont pas le même aspect, et, d'autre part, les grandes impressions trouvées à Armissan ont évidemment beaucoup plus d'analogie avec le sommet feuillu de quelque Liliacée arborescente, et elles sont, sous tous les rapports, comparables à celles des Dragoniers (*Dracæna*). Telle est du moins l'opinion que je m'en suis faite après les comparaisons qui m'ont été possibles, et cette opinion est aussi celle de plusieurs botanistes habiles à qui j'ai fait voir un dessin de ce beau fossile ou le fossile lui-même.

Une masse calcaire, en saillie discoïde, ayant environ $0^m,015$ de hauteur et $0^m,110$ de diamètre, se voit dans le même échantillon, vers le point d'où partent en divergeant la plupart des feuilles. On pourrait supposer que c'est

une portion de la tige, et sa forme paraît en effet avoir été plutôt celle d'un stipe que d'un rhizome; mais la structure du corps qui a produit cette saillie ne s'est pas conservée. On voit cependant à son pourtour une disposition qui semble indiquer l'insertion de feuilles sessiles, et sous ce rapport l'analogie avec un stipe de Dragonier, évidé par la macération, semble se maintenir, sans qu'on puisse en inférer avec certitude une identité générique, et encore moins un classement spécifique parmi les espèces déjà connues. Le rapprochement que nous indiquons paraît donc probable sans être absolument certain.

Cependant la détermination rigoureuse de ce curieux fossile intéresserait à la fois la géographie botanique et la paléontologie, et il est regrettable que l'absence de toute structure dans le fragment que nous venons d'indiquer ne permette d'en tirer aucune nouvelle indication.

Nous n'avons d'ailleurs ni impressions de fleurs, ni fruits, ni graines susceptibles d'être attribués au végétal qui a fourni ces empreintes, et c'est sur la forme seule des feuilles que repose la détermination provisoire que nous en publions ici. Néanmoins il paraît évident que nous avons affaire à une monocotylédone réellement arborescente, et cette plante semble être bien plutôt un Dracæna, comme je l'admets, qu'un Pandanus, puisque l'insertion des feuilles ne paraît pas y avoir été établie d'après le mode spiral, comme c'est le cas pour les végétaux de ce dernier genre, et que les feuilles elles-mêmes n'étaient serratiformes ni sur leurs bords ni au rachis. L'absence de pétioles et l'isolement des limbes linéaires qui constituent ces feuilles, ne permettent pas non plus d'y voir la feuille digitée d'un palmier.

L'étude de la pièce elle-même, que nous avons acquise pour le musée de Montpellier, et l'examen de celles analogues que l'on pourra trouver à l'avenir dans le même gisement, permettront sans doute aux botanistes de se faire une idée plus exacte que celle qu'ils ont encore des grands végétaux monocotylédonés, rapportés aux Liliacées arborescentes, qui ont été observés en plusieurs circonstances dans d'autres dépôts tertiaires de l'Europe, et dont MM. Brongniart et Heer ont parlé sous les noms d'*Endogenites* ou

---

[1] Le rameau figuré Pl. XI sous le n° 1 ne saurait lui être attribué avec quelque probabilité.

de *Gloriosites*. Il sera également intéressant d'en comparer les caractères avec ceux de l'espèce propre à l'étage des marnes gypsifères d'Aix, en Provence, que M. de Saporta vient tout récemment de signaler sous le nom de *Dracœnites sepultus*. On sait que les Dragoniers sont actuellement des végétaux intertropicaux pour la plupart propres à l'ancien continent, et qu'ils vivent au bord des lacs ou des ruisseaux, ainsi que dans les autres lieux humides et chauds. J'ai proposé d'appeler *Dracœna narbonensis* l'espèce de ce genre que je signale dans les marnes calcaires d'Armissan. Elle paraît, en effet, différer, autant qu'on peut en juger dès à présent, du *Dracœna sepulta* enfoui à Aix, et ses affinités semblent être avec le *Dracœna draco*.

ASPARAGINÉES.

(*Pl.* XI, *fig.* 1.)

M. Brongniart a signalé parmi les végétaux fossiles à Armissan une empreinte de feuille appartenant à la famille des Asparaginées, sur laquelle il a fondé son *Smilax hastata*. D'autres espèces du même genre sont citées à Radoboj et dans les lignites des bords du Rhin. M. Weber indique, en outre, dans ces lignites un second genre de la même famille, et il en appelle l'espèce *Mejanthophyllum petiolatum*. Est-ce à quelqu'un de ces végétaux qu'il faut attribuer l'inflorescence dont il a déjà été recueilli quelques exemplaires à Armissan, en particulier celui de la Planche XI, figure 1, que je dois au Frère Lange, du pensionnat de Béziers ? ou bien faut-il y voir l'indice d'un végétal tout différent, monocotylédone comparable aux *Dracœna*, ou même dicotylédone (*Myrica*, *Laurus*, etc.), comme l'ont pensé plusieurs botanistes auxquels j'en ai proposé la détermination ? C'est ce qu'il paraît fort difficile de décider d'une manière définitive. M. Decaisne, qui, sur ma demande, a bien voulu étudier ce fossile avec beaucoup d'attention et en a indiqué exactement les caractères dans le dessin que je reproduis sous le n° 1*, est disposé à admettre que c'est une inflorescence encore à l'état de bourgeons, lorsqu'elle a été détachée de la plante qui l'a fournie, plutôt qu'une grappe de fruits, et il lui trouve, malgré l'état scarieux et subligneux des enveloppes propres à chaque bouton, une similitude réelle avec une inflorescence de *Dianella*. Il est bon, toutefois, de remarquer que les feuilles ou

plutôt les phyllodes des Dianella, ont une forme tout à fait différente de celle des Smilax, des Médéola, ainsi que de la plupart des autres végétaux de la même famille, et qu'il n'en a encore été recueilli ni à Armissan, ni dans aucun autre de nos gisements tertiaires. D'ailleurs M. Decaisne ne donne pas comme définitif le classement que je viens d'indiquer d'après lui.

IV. *Diverses espèces de Dicotylédones.*

Parmi les restes des végétaux dicotylédones que j'ai obtenus d'Armissan, je citerai les suivants, comme plus dignes d'attention :

Nymphæites ; représenté par un très-beau fragment de rhizome et par une portion de feuille d'une Nymphéacée qui se rapproche des Nymphæa, mais sans appartenir à ce genre. La figure d'un fossile analogue, que je donne à la suite de mon mémoire (Pl. XI, fig. 2), est empruntée à M. Caspary (*Ann. des sciences nat.*, 3e série, tom. IV, *Pl.* 13.)

Dryandra Schrankii. Cette espèce, qui répond au *Comptonia dryandræfolia*, Brongn., et au *Dryandra Brongniartii*, Ettingshausen, est une des plantes les plus caractéristiques du dépôt d'Armissan et l'une de celles qui permettent le mieux d'en assurer l'horizon avec exactitude. On la signale ailleurs dans les localités suivantes : Hering (Tyrol), Promina (Dalmatie), Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme), Saint-Jean-de-Garguier (Bouches-du-Rhône), etc. Elle est commune à Armissan, d'où j'en ai reçu un rameau complet et de nombreuses feuilles séparées. Celles-ci sont souvent prises pour des frondes de fougères, et le *Dryandra Schrankii* répond en effet à l'*Asplenioptéris Schrankii* de Sternberg.

Cinnamomum. Il paraît y avoir à Armissan deux espèces de ce genre, dont M. Heer a d'ailleurs signalé de nombreux débris dans les dépôts miocènes de la Suisse. Nous en possédons de beaux échantillons.

Sterculia. On s'accorde aujourd'hui à rapporter au genre Sterculia, sous le nom de *S. digitata*, les grandes feuilles, aussi attribuées à un Platane (*Platanus Hercules* de M. Unger), que fournissent assez fréquemment les dalles retirées des carrières d'Armissan. Ce Sterculia se rencontre également à Radoboj, en Croatie. M. Marcel de Serres a parlé de ces feuilles, il y a déjà

une quinzaine d'années [1], et depuis lors MM. Noguès et d'Archiac les ont également signalées [2], mais sans connaître leur identité avec celles indiquées ailleurs dans leur travail sous le nom de *Platanus Hercules*.

Au *Betula dryadum* et au *Carpinus macroptera* [3], déjà indiqués par M. Brongniart, en 1828, M. de Saporta et moi croyons dès à présent pouvoir ajouter d'autres genres, presque tous de la grande division des apétales, plus particulièrement les genres *Ficus*, *Juglans*, *Acer*, *Dodonea* [4], *Castanea* et *Quercus*.

IV. *Animaux.*

En communiquant à l'Académie des sciences de Paris la découverte du *Dracæna narbonensis*, j'avais cru convenable, après avoir dit quelques mots sur la nature lacustre du gisement dont provenait ce curieux fossile, de parler aussi de l'époque à laquelle je l'attribuais alors. Un peu trop préoccupé de la présence à Armissan d'un ichthyolithe qui avait été indiqué par M. Marcel de Serres comme étant le *Notœus laticaudatus* de Montmartre, et constatant qu'aucun des fossiles miocènes (Hipparion, Rhinocéros, etc.) que je savais exister à Montredon, localité également située dans les environs de Narbonne, n'avait encore été rencontré dans les mêmes couches, j'avais attribué le dépôt d'Armissan à l'époque appelée par moi proïcène, époque que caractérisent spécialement les paléothériums et les anoplothériums. M. A.-F. Noguès n'a pas tardé à écrire à la Société géologique [5] pour réclamer contre l'omission, dans ma note insérée aux Comptes-rendus, du nom des géologues qui s'étaient occupés antérieurement du même gisement, et plus particulièrement de celui de M. d'Archiac. M. Noguès revendique pour M. d'Archiac la priorité en ce qui concerne cette opinion sur l'âge de la localité dont il s'agit. J'ai peu de temps après répondu aux remarques de M. Noguès, et quoique cette petite discussion ait déjà perdu beaucoup de

---

[1] *Bull. de l'Acad. des sciences de Montpellier*, 1847.

[2] D'Archiac, *Les Corbières*, pag. 271.

[3] Cette espèce est également fossile à Radoboj, Sotzka, Swiscowice et Monbach, ainsi que dans les lignites du Rhin.

[4] Ou autre genre également voisin des *Fraxinus*.

[5] *Bulletins*, 2e série, tom. XIX, pag. 142.

son intérêt, je demande la permission de reproduire ici une partie des réflexions que j'opposai alors à celles de ce géologue.

«Je n'ai point l'intention, disais-je dans ma réponse, de soulever à cet égard une question de priorité; et si je garde encore aujourd'hui la manière de voir que j'ai soutenue comme étant la mienne, c'est moins par amour-propre d'auteur que pour être plus libre d'en discuter la valeur, ce que je vais faire.

» Un examen plus complet des fossiles d'Armissan que je possède aujourd'hui, et plus particulièrement le résultat d'une étude approfondie des plantes de cette localité, faite par M. de Saporta sur les échantillons que j'ai réunis, rendent en effet probable, pour ne pas dire certain, qu'il s'agit ici d'un dépôt miocène inférieur, et non, comme moi et d'autres auteurs l'avons dit, d'un dépôt proïcène. C'est avec la seconde flore d'Aix et avec la flore des autres assises miocènes inférieures, soit en France, soit en Allemagne, qu'il faut comparer les végétaux enfouis à Armissan, et plusieurs des plantes connues dans cette localité sont en réalité les mêmes que celles déjà connues dans les autres gisements que les paléontologistes appellent quelquefois *tongriens*, et qui répondent à la partie la plus inférieure de la série miocène.

»... Aucune de ces espèces ne se retrouve avec certitude dans les marnes gypsifères d'Aix ni dans les autres dépôts appartenant au même étage que ces dernières. »

J'admets à présent qu'Armissan est plutôt miocène inférieur que proïcène. Je ne regarde donc plus comme probable que l'on y trouve jamais, comme je l'avais laissé entrevoir dans ma Note sur le Dracæna fossile, des restes de Paléothériums ou d'animaux contemporains de ces derniers; et si ce dépôt fournit quelques ossements de Mammifères, ils appartiendront plutôt, à en juger par les plantes, à la faune lacustre de la Limagne et de Saint-Gérand-le-Puy. Il sera curieux d'en comparer les espèces avec celles des dépôts de Montredon, situés à peu de distance dans le même département, et parmi lesquels j'ai reconnu des débris du genre Hipparion. Mais le gisement de Montredon paraît appartenir au miocène supérieur plutôt qu'au miocène inférieur, puisqu'on y trouve aussi le Dinothérium.

Les vertébrés aériens dont j'ai pu observer des débris recueillis dans les

couches lacustres d'Armissan, sont étrangers à la classe des mammifères. Ce sont :

1° Un oiseau de l'ordre des Gallinacés, dont je dois la communication à M. Pessieto fils, de Narbonne. J'en ai donné une première description sous le nom de *Tetrao ? Pessieti* [1].

2° Un chélonien de la tribu des *Emydes*.

3° Un autre chélonien du genre des *Trionyx*.

Je publierai des descriptions détaillées et des figures exactes de ces trois espèces d'animaux, dans les Suites à mon ouvrage sur la *Zoologie et la paléontologie de la France*, que je me propose de faire paraître prochainement. Je dois ajouter, pour terminer ce que j'ai à dire ici des vertébrés fossiles recueillis à Armissan, quelques mots sur les poissons dont cette localité fournit abondamment des squelettes.

Ces poissons appartiennent à plusieurs genres, parmi lesquels je signalerai celui des *Leuciscus*, ou du moins un genre peu éloigné de celui-là. L'espèce qui m'a fourni cette indication atteignait à peu près la taille du Meunier (*Leuciscus dobula*).

Un autre poisson d'Armissan, très-facile à distinguer du précédent et de tous les poissons actuels de l'Europe, est celui que M. Marcel de Serres avait indiqué [2] comme étant le *Notœus laticaudatus* de Montmartre.

J'ai cité de mon côté, et cela dès 1859, ce *Notœus laticaudatus* d'Armissan dans ma *Paléontologie française*, et je l'ai cité comme étant un véritable *Notœus;* l'examen que j'avais fait alors de la pièce conservée par M. Marcel de Serres ne me paraissait pas contredire ce classement, qui, s'il n'est pas tout à fait exact, s'éloigne fort peu de la vérité. Tout récemment et par suite de l'étude nouvelle des plantes d'Armissan que j'ai faite avec le concours de M. de Saporta, j'ai été conduit à revoir cette détermination.

Cuvier a très-judicieusement rapproché des Amies le poisson fossile de Montmartre que M. Agassiz a pris pour type de son genre *Notœus* et qu'il a placé parmi les Ganoïdes, dont les Amies ont d'ailleurs un certain nombre

---

[1] *Comptes-rendus hebdomadaires*, tom. LIV, pag. 895.

[2] *Comptes-rendus hebdomadaires*, tom. XLVI, pag. 751.

de caractères ; mais, d'autre part, le second de ces naturalistes a établi sous le nom de *Cyclurus* un autre genre de poissons lacustres de la période tertiaire qu'il a rapporté à la famille des Cyprinidés. On connaît un *Cyclurus* à Ménat (Puy-de-Dôme), c'est-à-dire dans le terrain miocène inférieur. Les observations de M. Heckel, ainsi que celles de M. Pictet et les miennes propres, ayant montré que les *Notœus* et les *Cyclurus* sont des animaux très-voisins l'un de l'autre, sinon congénères, une nouvelle comparaison de l'ichthyolithe trouvé à Armissan était devenue indispensable.

Cette comparaison ne m'était pas possible avec l'aide seule des figures et des descriptions publiées par Cuvier et par M. Agassiz. C'est aux originaux eux-mêmes, conservés dans la collection du Muséum de Paris, que j'ai dû recourir, et je crois avoir constaté que le prétendu *Notœus* d'Armissan est plutôt un *Cyclurus Valenciennesii* qu'un véritable *Notœus laticaudatus*. C'est ce que je montrerai dans mon ouvrage en donnant une figure exacte du *Cyclurus* du bassin d'Armissan.

En résumé, les nouvelles recherches que j'ai faites sur les fossiles d'Armissan, animaux et végétaux, ne sont pas contraires aux résultats obtenus par M. de Saporta, au sujet de l'âge miocène inférieur de ce dépôt. Elles les confirment même, bien plutôt qu'elles ne le contredisent, puisqu'elles m'ont permis de rectifier dans un sens tout à fait conforme à l'opinion de ce savant naturaliste la détermination spécifique du poisson très-caractéristique qui vient d'être cité, et dont la présence à Armissan établit un nouveau lien chronologique entre ce dépôt et ceux de la Limagne.

M. Ph. Matheron, qui a dernièrement visité, en commun avec M. de Saporta, les principaux gisements tertiaires de l'Aude et qui les a comparés à ceux de la Provence et des environs de Montpellier, est arrivé par l'étude des coquilles à un résultat analogue [1]. Il y a reconnu le *Planorbis cornu* et les *Limnea cornea* et *aptiensis*, qui sont aussi des fossiles caractéristiques du miocène inférieur. La présence de Cyclades au même lieu semble être encore un argument à l'appui de cette manière de voir.

La roche fossilifère d'Armissan est compacte ou marneuse suivant les

---

[1] Ph. Matheron, *Recherch. comp. sur les dépôts fluvio-lacustres tertiaires des environs de Montpellier, de l'Aude et de la Provence.* In-8°, Marseille, 1862.

assises, rarement caillouteuse. Dans le premier cas elle est employée pour les constructions et principalement travaillée en dalles ou marches d'escalier qui ont beaucoup de réputation. C'est dans une de ces dalles que se voit la grande empreinte de *Dracœna* qui a fait le point de départ de ce Mémoire. La plupart sont très-riches en restes de végétaux, principalement en feuilles, et l'on reconnaît souvent des traces de plusieurs espèces dans une surface de quelques centimètres carrés. Les assises marneuses sont également fossilifères. La base de ce dépôt a le caractère de lignites.

C'est sous les eaux douces et au fond d'un lac tranquille qu'a eu lieu le dépôt des couches fossilifères d'Armissan, et les animaux terrestres (Oiseaux, Insectes, etc.) dont on y recueille les débris, ont vécu, comme les plantes aux empreintes desquelles leurs débris sont associés, sur les bords de ce lac ou à peu de distance. Des reptiles aquatiques (Crocodiles, Emydes, Trionyx), diverses espèces de poissons, des mollusques pulmonés mais aquatiques, un lamellibranche du groupe des Cyclades et diverses plantes également aquatiques, des Nymphéacées par exemple, habitaient dans le lac lui-même et peuplaient ses eaux.

Le nombre des espèces, soit animales soit végétales, recueillies dans ce dépôt, dépasse aujourd'hui quarante. C'est par leur énumération que nous terminerons ce Mémoire.

LISTE DES ANIMAUX ET DES PLANTES FOSSILES A ARMISSAN.

ANIMAUX VERTÉBRÉS.

Tetrao Pessieti, P. Gervais.
Crocodilus.
Emys.
Trionyx.
Cyclurus Valenciennesii, Agass.
Leuciscus.

ANIMAUX INVERTÉBRÉS.

Insectes (assez rares).
Planorbis cornu.
Lymnæa aptiensis, Matheron.
Lymnæa cornæa.
Cyclas ou *Sphærium*.

VÉGÉTAUX ANGIOSPERMES.

a. Dicotylédones.

Quercus lonchitis? ou plutôt *Castanea.*
Quercus ilicoides?
Quercus cruciata? ou *Ilex* de forme analogue.
Ulmus? (feuilles).
Carpinus macroptera.
Acer (voisin du *trilobatum*).
Betula Dryadum.
Juglans.
Ficus.
Dodonea? (samare).
Sterculia digitata (*Platanus Hercules*).
Cinnamomum spectabile.
Cinnamomum polymorphum.
Laurus?
Palæolobium.
Anacardites?
Banksites integer[1]*?*
Hakea lanceolata[2].
Dryandra Schrankii.
Nymphæites Brongniartii.

b. Monocotylédones.

Flabellaria.
Dracæna narbonensis (P. Gervais, pl. XI, fig. 3).
Smilacites hastata.
Autre Asparaginée? *Dianella?* (pl. XI, fig. 1.)
Poacites.

VÉGÉTAUX GYMNOSPERMES.

Pinus (espèce à cinq feuilles).
Pinus (espèce à trois feuilles).
Pinus (espèce à deux feuilles).
Taxites Tournalii.
Sequoia taxiformis (*Abies brevifolia* et *A. acicularis*).
Callitrites Brongniartii.

VÉGÉTAUX ACOTYLÉDONES.

Equisetum[3]*?*
Adiantum Cussolii (P. Gerv., pl. X, fig. 1).
Filicites polybotrya.
Muscites Tournalii.

---

[1] MM. Wessel et Weber (*Neue Beiträge zur tertiar Flora der Niederrheinischen Braunkohlenformation*) citent à Armissan le *Banksites longifolia*, Ettysh.

[2] Indiqué par MM. Wessel et Weber; se trouve aussi à Éperis et à Promina.

[3] Échantillon unique semblant indiquer une espèce de petite taille, bien différente par conséquent de l'*Equisetum sulcatum* que M. Dunal et moi avons découvert aux environs de Castelnaudary. (Voir: *Mém. Acad. sc. Montp.*, tom. I, pag. 169.)

EXPLICATION DES PLANCHES X ET XI.

PLANCHE X.

Fig. 1. L'*Adiantum Cussolii*, d'après l'exemplaire conservé à la Faculté des sciences de Montpellier, et avec les frondes tenant au rachis ou séparées de celui-ci, comme elles le sont dans le fossile.

Fig. 2 à 4. Cônes de trois espèces de Pins (genre *Pinus*) signalées dans le texte du présent Mémoire.

Fig. 5. Chaton mâle d'une espèce du genre de Pin.

Fig. 6. Feuille appartenant peut-être au *Quercus ilicoides*.

Fig. 7. Feuille comparable à celles du *Quercus cruciata* de M. Heer; peut-être du genre *Ilex*.

Fig. 8. Samare d'une espèce voisine des *Fraxinus*; peut-être du genre *Dodonea*.

Ces figures sont de *grandeur naturelle;* les fossiles qu'elles représentent ont tous été recueillis à Armissan.

PLANCHE XI.

Fig. 1. Inflorescence en grappe (boutons ou fruits) d'une plante indéterminée paraissant avoir quelque analogie avec les *Smilax* et les *Dianella*, mais qu'on ne saurait encore classer définitivement; de *grandeur naturelle*, provient d'Armissan.

Fig. 1ª L'un des boutons ou fruits grossis.

Fig. 2. Rhizome de Nymphéacée d'un genre un peu différent de celui de *Nymphæa* montrant les insertions des pétioles et celles des radicules. C'est le *Nymphœitus Brongniartii*, Casp. (Copié de M. Caspary, *Ann. sc. nat.*, 4ᵉ série, tom. VI, pl. 13); d'Armissan.

Fig. 3. Empreinte de *Dracœna narbonensis*, réduite à 1/8 de la *grandeur naturelle*; provient d'Armissan.

ADDITIONS

AUX

RECHERCHES SUR LES MAMMIFÈRES FOSSILES

de l'Amérique méridionale;

Par M. Paul GERVAIS.

J'ai inséré dans ce Recueil [1] le résumé d'un mémoire étendu relatif aux Mammifères fossiles de l'Amérique méridionale, que j'avais publié en 1855 dans la partie zoologique du Voyage de M. Francis de Castelnau dans les parties centrales de l'Amérique du Sud. Grâce à divers travaux parus depuis lors, la science s'est enrichie de matériaux nouveaux relatifs à plusieurs des espèces actuellement éteintes qui ont habité cette région du globe.

Ainsi, l'on doit à M. Leidy [2] quelques indications au sujet des Édentés, voisins des Mégalonyx, dont j'avais proposé de faire un genre à part sous le nom de *Lestodon*. Il en parle brièvement, en les nommant *Gnathopsis*, dans son grand mémoire sur le Mégalonyx des États-Unis. Les Lestodons ou Gnathopsis ont la première paire de leurs dents en forme de canines et éloignées des dents suivantes, ce qui est aussi l'un des caractères distinctifs des Mégalonyx véritables; mais leurs deuxième et troisième paires

[1] Voir tom. III, pag. 125; 1856.

[2] Joseph Leidy, *A Memoir on the extinct Sloth tribe of North America.* (Smithsonian contributions to knowledge. Washington, 1855, in-4°, avec pl.)

de dents sont ovales au lieu d'être prismatiques, comme celles de ces derniers. M. Owen avait déjà parlé de ces faux Mégalonyx sud-américains, mais en les réunissant génériquement aux Mégalonyx ordinaires, et il est probable que c'est aussi l'une de leurs espèces que M. Bravard a nommée *Megalonyx Owenii*, dans ses Observations géologiques sur le bassin de La Plata, parues à Buénos-Ayres en 1857.

Je ne possède point le mémoire de M. Bravard dont il vient d'être question, et ne l'ai vu dans aucune bibliothèque; mais cet habile paléontologiste avait bien voulu m'adresser, quelque temps avant sa mort [1], une petite brochure, publiée à Parana le 1er janvier 1860, et sans doute rare en Europe, dans laquelle il énumère les fossiles qu'il avait recueillis dans l'Amérique du Sud de 1852 à 1860 [2]. Beaucoup de ces fossiles sont indiqués comme formant des espèces nouvelles, dénommées par M. Bravard lui-même, mais il n'en a pas été donné des descriptions. Quoique toutes soient loin de paraître admissibles, il ne sera peut-être pas sans utilité d'en reproduire la liste, pour la faire connaître aux naturalistes. M. Bravard s'occupait dans son catalogue des diverses classes du règne animal; je ne parlerai que de ce qui a trait aux Mammifères.

Voici cette liste, que je reproduis telle que l'a donnée M. Bravard, et en conservant les abréviations employées par lui [3]:

---

[1] M. Bravard a péri à Mendoza pendant le terrible tremblement de terre qui a détruit cette ville en 1861.

[2] Auguste Bravard, *Catalogue des espèces d'animaux fossiles recueillis dans l'Amérique du Sud, de 1852 à 1862.* (Broch. lithogr. de 5 pag., in-4°. Parana, 1860.)

[3] Abréviations. — A. Alluvions supérieures. — P. Sables pampéens pliocènes. — M. Sables, argiles et calcaires miocènes. — E. Corps organisés provenant des couches éocènes et transportés, déjà fossiles, dans les différentes assises du terrain miocène des environs du Parana, mais principalement dans les argiles vertes. — † Espèces indiquées dans les Observations géologiques sur le bassin de La Plata (Buénos-Ayres, 1857). — †† Espèces indiquées par M. Bravard dans sa Monographie des environs du Parana (Parana, 1858). — PN. Parana. — BA. Buénos-Ayres. — AB. signifie *Auguste Bravard.*

M. Bravard ajoutait en note : « Un tiers de nos espèces de mammifères est représenté par des squelettes, entiers pour la plupart; pour la détermination des autres espèces, nous avons eu, presque toujours, des membres entiers, des portions plus ou moins considérables du tronc, des têtes ou tout au moins des séries dentaires complètes.

»Le nombre des pièces ou ossements qui se rapportent à nos 68 espèces de mammifères terrestres s'élève, suivant nos catalogues particuliers, à 5,200. »

Carnassiers.

++	1.	*Eutemnodus americanus*.....	AB.	E.	PN.
†	2.	*Felis magantereon*[1].....	»	P.	BA.
†	3.	— *cultridens*[2].....	»	»	»
†	4.	*Canis vulpinus*.....	»	»	»
†	5.	— *pampœus*.....	»	»	»
†	6.	— *platensis*.....	»	»	»
†	7.	— *cinereo-argenteus*.....	Cuvier.	A.	»
†	8.	*Arctotherium latidens*[3].....	AB.	P.	»
†	9.	— *angustidens*.....	»	»	»
†	10.	*Mustela americana*.....	»	»	»

Rongeurs.

++	11.	*Megamys patagonensis*.....	D'Orb.	E.	PN.
	12.	*Genre nouveau* (1er).....	inédit.	»	»
	13.	*Genre nouveau* (2e).....	»	»	»
	14.	*Genre nouveau* (3e).....	»	»	»
++	15.	*Theridomys americanus*.....	Jourdan[4].	»	»
++	16.	*Arvicola gigantea*.....	AB.	»	»
†	17.	*Lagostomus brevipes*.....	»	P.	BA.
†	18.	— *brevifrons*.....	»	»	»
†	19.	— *tridactylus*.....	*Auctorum.*	A.	»
†	20.	*Ctenomys megacephalus*.....	AB.	P.	»
†	21.	— *minus*.....	»	»	»
†	22.	*Mus fossilis*.....	»	»	»
†	23.	*Arvicola americana*.....	»	»	»
†	24.	*Cardiodus Waterhousii*.....	»	»	»
†	25.	— *medius*.....	»	»	»
†	26.	— *minus*.....	»	»	»
†	27.	— *dubius*.....	»	»	»

[1] M. Bravard avait déjà donné ce nom à une espèce de Machairodus propre à l'Auvergne.

[2] Nom d'une espèce également européenne de Machairodus.

[3] Probablement synonyme d'*Hyænarctos bonariensis*, P. Gerv. (précédemment *Ursus bonariensis*, id.). Le Muséum de Londres possède une grande partie du squelette de cette curieuse espèce. La formule dentaire est

$$i\,\frac{3}{3}\ c\,\frac{1}{1}\ m\,\frac{6}{7}\ (=\frac{3}{4}\text{ f. m. }\frac{1}{1}\text{ carn. et }\frac{2}{2}\text{ arr. mol. tuberculeuses.})$$

Cette formule est aussi celle de l'*Ursus ornatus*, espèce encore unique du genre que j'ai nommé *Tremarctos*.

[4] M. Jourdan a dénommé le genre Théridomys, mais il n'en a pas décrit d'espèce sud-américaine.

Paresseux.

†	28.	*Megatherium Cuvieri*.....	Desm.	»	»
†	29.	*Scelidotherium magnum*.....	AB.	»	»
†	30.	— *leptocephalum*...	»	»	»
†	31.	— *ankilosopum*....	»	»	»
†	32.	*Megalonyx meridionalis*[1].....	AB.	P.	BA.
†	33.	*Mylodon robustus*.....	Owen.	»	»
†	34.	— *Owenii*.....	AB.	»	»
†	35.	— *minus*.....	»	»	»
†	26.	*Glyptodon gigas*.....	»	»	»
†	37.	— *geometricus*.....	»	»	»
†	38.	— *tuberculatus*.....	Owen.	»	»
†	39.	— *Owenii*.....	AB.	»	»
†	40.	— *Orbignyi*.....	»	»	»
†	41.	— *radiatus*.....	»	»	»
†	42.	*Dasypus magnus*.....	»	»	»
†	43.	— *Moussyi*.....	»	»	»
†	44.	— *gracilis*..	»	»	»
†	45.	— *aparoides*.....	»	»	»
†	46.	— *tricinctus*.....	*Auctorum.*	A.	»
†	47.	— *villosus*.....	»	»	»
†	48.	— *minutus*.....	»	»	»

Pachydermes.

++	49.	*Anoplotherium americanum*....	AB.	E.	PN.
++	50.	*Palæotherium paranense*[2].....	»	»	»
†	51.	*Mastodon Andium*.....	Cuvier.	P.	BA.
†	52.	— *Humboldtii*.....	»	»	»
†	53.	*Equus curvidens*.....	Lund.	»	»
†	54.	*Opistorhinus Falconerii*.....	AB.	»	»
†	55.	— *minus*.....	»	»	»
†	56.	*Typotherium protum*.....	»	»	»
†	57.	— *medium*.....	»	»	»
†	58.	— *minutum*.....	»	»	»
†	59.	*Toxodon platensis*....	Owen.	»	»
++	60.	— *paranensis*.....	D'Orb.	M.	M.

[1] Sans doute une espèce de *Lestodon*, P. Gerv., ou *Gnatopsis*, Leidy.

[2] Cette espèce et la précédente devront être comparées, lorsque les pièces sur lesquelles elles reposent seront connues, aux mammifères décrits par M. Owen sous le nom de Nésodonte. (*Philosophical Transactions* pour 1853.)

Ruminants.

†	61.	*Camelotherium magnum*[1]	AB.	P.	BA.
†	62.	— *medium*.....	»	»	»
†	63.	— *minus*.....	»	»	»
†	64.	*Cervus magnus*.....	»	»	»
†	65.	— *pampæus*	»	»	»
†	66.	— *entrerianus*.....	»	»	PN.

Cétacés.

++	67.	*Balæna dubia*.....	AB.	M.	»
++	68.	*Delphinus paranensis*.....	»	»	»

Feu M. Nodot, de Dijon, a aussi contribué à accroître nos connaissances sur les mammifères fossiles de l'Amérique méridionale. Ses études ont eu spécialement pour objet les grands Édentés cataphractés qui rentrent dans la même famille que les Tatous, et dont on a fait les genres *Glyptodon*, *Hoplophorus*, etc. Ceux que nous venons de nommer sont les seuls qu'il conserve, mais il y ajoute le genre nouveau des *Schistopleurum*, dans lequel prend place, à côté de deux espèces précédemment inédites, le *Glyptodon tuberculatum* de M. Owen. M. Nodot croit pouvoir distinguer parmi les pièces recueillies à Buénos-Ayres par l'amiral Dupotet, et qui font aujourd'hui partie du musée de Dijon, treize espèces de ces grands Tatous, et il les répartit entre les trois genres acceptés par lui[2].

La précieuse collection d'ossements rapportés du même pays par M. Seguin, et qui est depuis plusieurs années déposée dans les magasins du Muséum de Paris, a fourni à M. Serres, professeur de cet établissement, chargé de la description des animaux vertébrés fossiles, l'occasion d'une note insérée dans les Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris[3]. L'auteur, après

---

[1] J'ai signalé, dans mon précédent travail, plusieurs espèces de Lamas (genre *Auchenia*) fossiles dans l'Amérique méridionale, mais j'ignore si elles sont ou non congénères avec les Camélothériums de M. Bravard.

[2] L. Nodot, *Description d'un nouveau genre d'Edenté fossile renfermant plusieurs espèces voisines du Glyptodon, suivie d'une nouvelle méthode de classification applicable à toute l'histoire naturelle et spécialement à ces animaux*; avec un Atlas de 12 planches lithographiées. (Mém. de l'Académie de Dijon, 2e série, tom. V, partie des sciences, pag. 1 à 166, pl. 1 à 12; 1856.)

[3] Serres, *Note sur une collection d'ossements fossiles, recueillis par M. Seguin dans l'Amérique du Sud.* (Compt.-rend. hebd. Acad. sc. Paris, tom. XLIV, pag. 954; 1857.)

quelques généralités qui servent d'introduction à son premier travail paléontologique, signale quelques-unes des pièces les plus remarquables de la nouvelle collection mise à sa disposition. Il y dit en particulier quelques mots des genres Mégathérium, Mylodon, Scélidothérium, Glyptodon, etc. Il consacre aussi quelques lignes au Typothérium de M. **Bravard**, dont il remplace le nom par celui de *Mesotherium*.

Ce genre *Typotherium*, dont j'ai moi-même parlé dans la seconde édition de mon ouvrage sur les animaux vertébrés fossiles de la France comparés à ceux des autres régions du globe, est bien l'un des genres les plus curieux que les paléontologistes aient découverts en Amérique, et il semble être un nouveau défi jeté à nos classifications. Il est, en effet, tout aussi difficile de le placer dans les cadres mammalogiques tels qu'on les admet aujourd'hui, que d'y ranger, sans modifier leur disposition, le Toxodon, dont il a été le contemporain. On pourrait presque indifféremment soutenir qu'il appartient aux Pachydermes jumentés, aux Édentés ou aux Rongeurs, et cependant sa dentition offre avec celle des animaux de cet ordre une analogie incontestable. Cette analogie serait complète, du moins quant à la formule, si le Typothérium n'avait à la mâchoire inférieure, de chaque côté des grandes incisives propres à tous les Rongeurs connus, une incisive plus petite et de forme un peu différente.

La manière dont s'usent les grandes incisives du Typothérium, par excavation peu prononcée, il est vrai, de leur couronne, au lieu de s'user en biseau, comme chez les Rongeurs ordinaires, indique déjà une certaine différence par rapport à ces derniers, et les molaires elles-mêmes ne paraissent pas absolument comparables, par leur structure, à celles des espèces de cet ordre, cependant si nombreux et si diversifié dans ses espèces. Ces dents semblent rappeler, à quelques égards, par leur forme et par leur structure, dont l'étude microscopique offrirait un intérêt véritable, les dents molaires des Toxodontes et même celles des Nésodontes. Cependant leur formule est tout à fait une formule de Rongeurs, et elles sont en effet au nombre de $\frac{5}{4}$ de chaque côté; à quoi l'on doit ajouter qu'elles sont nettement séparées des incisives par une barre tout à fait comparable à celle que l'on connaît chez ces animaux.

En parlant du Typothérium dans l'ouvrage que j'ai cité plus haut, j'ai rapporté ce singulier animal à l'ordre des Rongeurs, ajoutant que ses affinités avec les Cabiais, etc., me paraissent plus nombreuses que celles qu'il présente avec les Édentés et avec les Toxodontes. Comment, en effet, dans l'état actuel de nos connaissances en mammalogie, rapporter à la grande division des Édentés un genre dont la dentition ressemble autant à celle des Rongeurs et qui est pourvu d'incives précisément analogues par leur forme et par leurs usages à celles de ces animaux?

Ses affinités avec les Pachydermes sont, j'en conviens, tout aussi curieuses que celles qu'il présente avec les Rongeurs, mais elles sont moins nombreuses, et d'ailleurs elles auraient encore plus besoin d'être indiquées avec détails, et c'est ce qui n'a pas été fait.

En effet, de quels Pachydermes a-t-on voulu parler dans ce cas? Il était d'autant plus utile de le dire, que les recherches des mammologistes modernes et plus particulièrement celles de M. Owen et les miennes, ont montré que les animaux réunis par Cuvier sous la dénomination commune de Pachydermes formaient plusieurs groupes naturels bien distincts et non un seul.

Évidemment on ne peut songer à réunir le Typothérium aux Porcins, aujourd'hui sous-ordre des Bisulques qui comprennent aussi les Ruminants; car il n'a pas l'astragale en osselet, et son fémur est pourvu d'un troisième trochanter. On ne peut davantage l'associer aux Proboscidiens, dont il diffère aussi par ce double caractère, et plus encore par la conformation de sa tête osseuse, ainsi que par tout l'ensemble de son squelette.

Restent donc les Jumentés. Mais il est loin de leur ressembler autant qu'aux Rongeurs; et quoique, par la conformation de sa tête et par la forme de ses dents, il ne doive pas être rangé dans la famille des Caviadés, nous ne croyons pas convenable de le placer ailleurs que dans l'ordre qui comprend ces animaux, et il est jusqu'à plus ample informé impossible d'y voir la forme gliroïde de la série des Edentés, comme l'Aye-aye, par exemple, est celle des Lémuriens, et le Wombat celle des Marsupiaux.

Quant aux Toxodontes, le Typothérium ne paraît pas davantage devoir leur être associé, puisqu'ils ont un astragale plus comparable à celui des éléphants qu'à celui des mammifères ordinaires, et que c'est, au contraire, à ces derniers qu'il ressemble sous ce rapport.

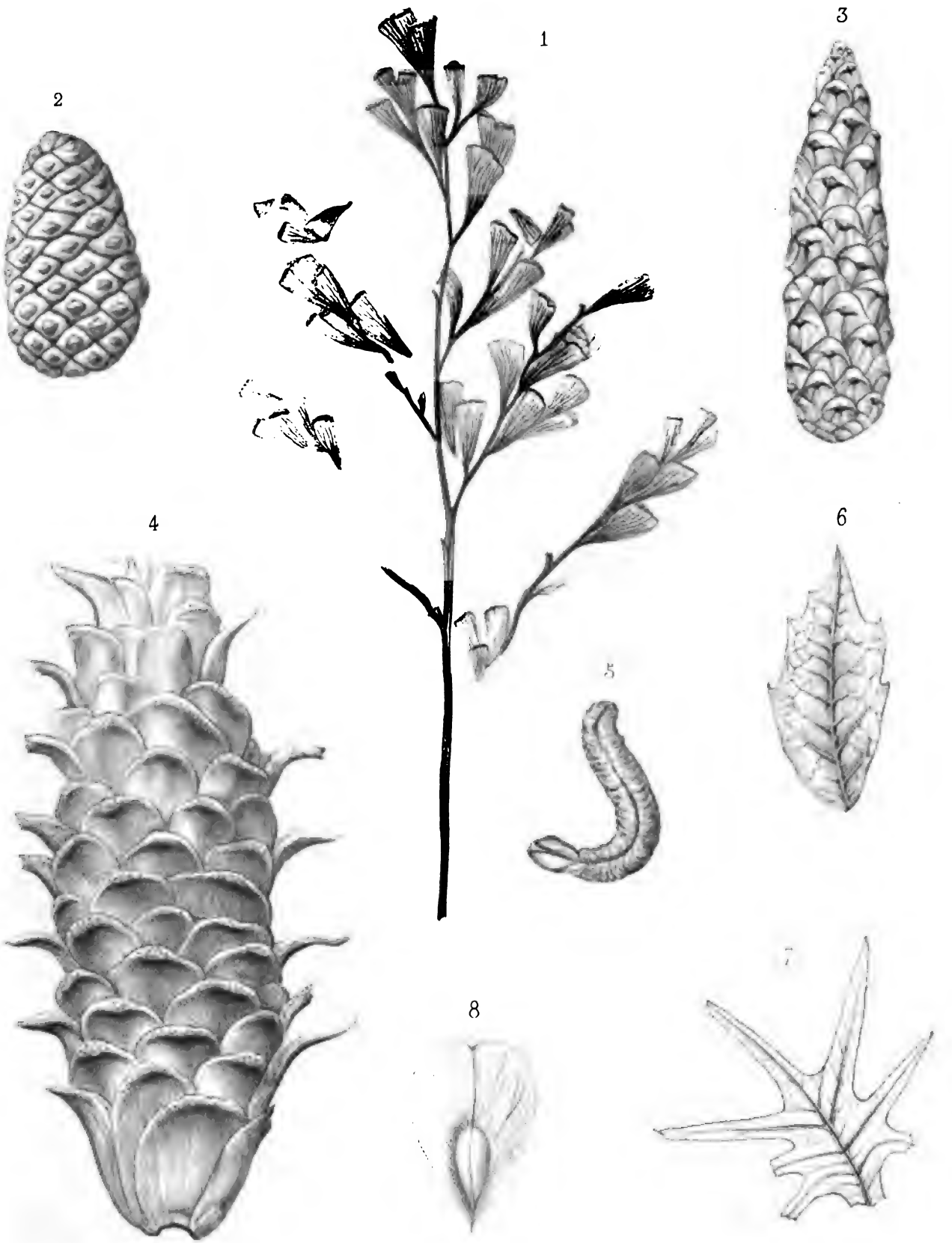
Le genre Typothérium, dont nous ferons le type d'une famille à part sous le nom de *Typothéridés*, présente plusieurs caractères crâniens qui mériteraient une description détaillée, mais que l'iconographie ferait seule bien ressortir. Nous nous bornerons à dire qu'il n'a pas le trou sous-orbitaire compris dans un grand foramen logeant aussi le prolongement antérieur du muscle masséter, disposition fréquente chez les Rongeurs, surtout chez ceux de familles américaines, et que sa mâchoire inférieure n'est pas non plus établie sur le modèle si caractéristique de ces derniers, modèle dont les particularités ressortiront d'une manière évidente si l'on met en parallèle le mandibule du Cochon d'Inde et celles du Rat, de l'Écureuil ou de la Marmotte. Le cerveau du Typothérium était peu développé, ce qui n'exclut pas d'ailleurs la comparaison de ce genre avec les Rongeurs.

M. Serres fait remarquer que l'omoplate de l'animal dont nous parlons offre, comme celle de certains Rongeurs, une apophyse récurrente saillante, dont l'arête spinale forme un crochet descendant au-dessous de l'articulation scapulo-humérale; ce qui a également lieu dans le Castor. L'humérus, d'après le même auteur, ressemble beaucoup à celui de ce dernier Mammifère, bien qu'il soit, dit-il, moins massif, et qu'il offre un trou sus-condylien.

Nous avons déjà rappelé que le fémur présentait un troisième trochanter et que l'astragale était de forme normale. Les phalanges onguéales montrent une particularité que, d'après une remarque déjà ancienne de Duméril, on regarde comme spéciale aux Édentés, plusieurs d'entre elles étant fendues à leur extrémité libre; mais il ne faut pas oublier que certains Insectivores, la Taupe par exemple et le Chrysochlore, présentent aussi cette disposition.

Sans nier les affinités multiples des Typothérium, il est donc convenable, jusqu'à plus ample informé du moins, de classer ces singuliers Mammifères parmi les Rongeurs.

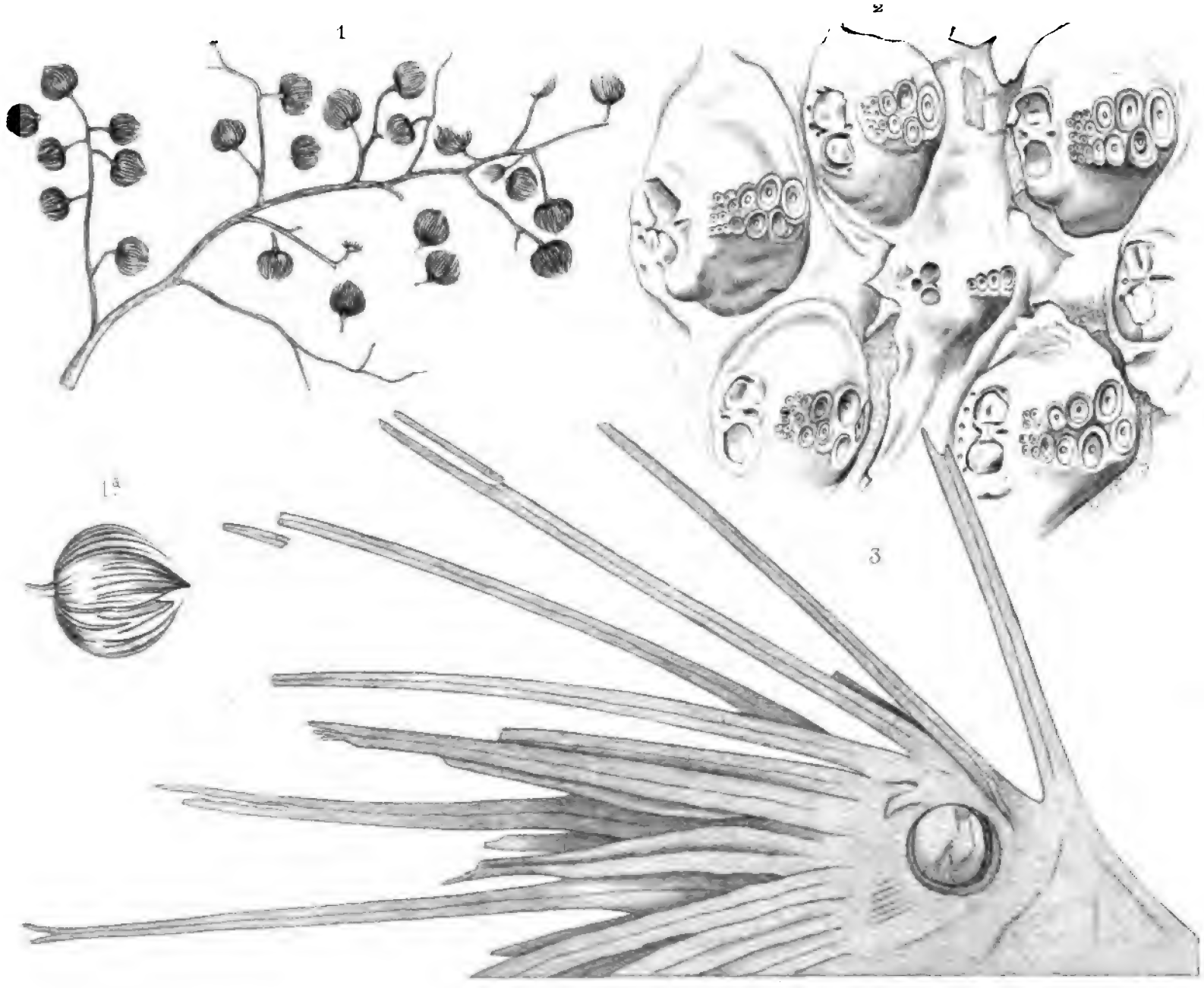
M. Bravard admettait trois espèces de ces animaux. Celle dont on possède le squelette, à Paris, dépassait le grand Cabiai en dimensions, et elle parait avoir été plus aquatique que lui et mieux constituée pour fouir. Les ossements fossiles de ce singulier genre sont des terrains pampéens de Buénos-Ayres.



Bruckmann et Delahaye delin.nt

Imp. Becquet à Paris.

Plantes fossiles d'Armissan. (*Aude.*)



Plantes fossiles d'Armissan. *(Aude.)*

SUR LES

SPECTRES DES MÉTAUX ALCALINS;

Par MM. WOLF et DIACON.

L'étude des spectres des flammes colorées par des vapeurs métalliques ou salines a conduit MM. Kirchhoff et Bunsen, non-seulement à des théories nouvelles, mais encore à des applications d'un grand intérêt. Ces habiles expérimentateurs ont doté la chimie d'un nouveau mode d'analyse ; mais c'est surtout du phénomène désigné par eux sous le nom d'inversion des spectres, qu'ils ont déduit les résultats les plus inattendus : une explication rationnelle des raies de Fraunhofer et la possibilité de déterminer la constitution chimique des photosphères des corps célestes.

Tous les faits concouraient à faire admettre les vues théoriques des savants allemands, lorsque M. Fizeau fit connaître une expérience sur la combustion du sodium, qui lui paraissait inexplicable, sinon en contradiction, avec elles [1]. Cette exception apparente nous engagea à entreprendre les recherches qui font le sujet de cette note. L'observation attentive des phénomènes nous démontra bientôt qu'ils étaient dus à une inversion ; quelques particularités intéressantes présentées par le spectre du sodium dans ces premières expériences, nous conduisirent ensuite à étudier dans les mêmes conditions de température les spectres de plusieurs métaux et plus spécialement des métaux alcalins.

I. Lorsqu'un globule de sodium est chauffé sur une lame métallique ou un têt en terre réfractaire, jusqu'à la température nécessaire pour déterminer l'incandescence, la flamme qui l'entoure présente les phénomènes suivants au spectroscope : la double raie brillante Naα apparaît d'abord ; puis, par un passage plus ou moins brusque dépendant de la ra-

[1] *Comptes-rendus*, LIV. 493.

pidité avec laquelle le globule s'enflamme, un spectre continu s'étale à droite et à gauche avec une intensité toujours croissante, la ligne brillante s'efface de plus en plus et est enfin remplacée par une double ligne noire très-nettement marquée.

L'explication de ces phénomènes successifs, assez obscure au premier abord, devient, au contraire, d'une grande simplicité si l'on admet que l'apparition du spectre continu est causée par la présence, en quantité de plus en plus abondante, de particules solides entraînées par la vivacité de la combustion et devenues incandescentes, et en second lieu que la raie noire est le résultat de l'absorption de la lumière jaune par l'atmosphère sodique répandue autour de la flamme.

Persuadés que telle était la véritable explication des faits observés, nous avons cherché à diminuer le nombre des particules solides entraînées en enflammant, non plus le sodium lui-même, mais le jet de vapeur qui s'échappait d'une petite cornue en fer forgé, contenant un fragment de ce métal et chauffée au moyen d'une puissante lampe à air et à gaz. Cette cornue, formée d'une partie cylindrique, sur laquelle se visse une pièce conique creuse surmontée d'une tubulure étroite, était verticalement placée dans un petit fourneau de tôle. L'extrémité tubulée de la pièce conique passait par l'ouverture centrale d'un disque en tôle légèrement repoussé au centre et portant deux lames demi-cylindriques en fer. Ces lames, rivées au disque normalement à son plan, l'une en dessus, l'autre en dessous, et occupant deux portions du contour diamétralement opposées, étaient destinées, l'inférieure à cacher la flamme de la lampe à gaz, la supérieure à former un fond noir sur lequel se projetait le spectre du jet enflammé.

Les espérances que nous avions fondées sur cette disposition furent réalisées. La formation de soude pendant les 10 à 15 minutes nécessaires pour porter l'appareil à la température de volatilisation du sodium, et cette haute température elle-même, permettent, difficilement il est vrai, d'obtenir un jet de vapeur bien régulier; la combustion est incomplète, parfois aussi le dégagement est accompagné de projections. Toutefois, la diminution du nombre des particules incandescentes est déjà suffisante pour que le spectre coloré paraisse moins intense et, ce qui est remarquable, ne soit plus entièrement continu. A part la ligne noire [1], il présente, en effet, des espaces relativement sombres et des parties plus éclatantes, surtout vers la division 90, où apparaît une belle bande verte comprise entre γ et δ du baryum. De plus, quand le dégagement est plus régulier, que la combustion

[1] Toutes les observations rapportées dans ce travail ont été faites au moyen de deux spectroscopes placés de manière à viser la flamme dans la même direction. Les phénomènes apparaissant en même temps à l'œil des deux observateurs, ceux-ci pouvaient se transmettre immédiatement leurs impressions et par suite les contrôler.

Les prismes des appareils étaient, l'un en sulfure de carbone, l'autre en flint-glass. Les positions attribuées aux raies des différents spectres se rapportent à l'échelle du spectromètre à prisme de flint. Les indications données par le second appareil étaient ramenées par interpollation à cette échelle au moyen des raies de Fraunhofer (un grand nombre de

est plus complète, des raies brillantes apparaissent sur le fond coloré devenu moins éclatant.

L'expérience suivante n'est pas moins probante. Quand on introduit, dans un flacon contenant du chlore sec, un fragment de sodium placé dans une coupelle profonde suffisamment chauffée, le métal s'enflamme immédiatement. La combustion étant plus complète que dans l'air, le produit formé plus volatil, les particules entraînées doivent se vaporiser plus facilement, et par suite le rayonnement chromatique être moindre. C'est, en effet, ce que l'observation démontre. Le spectre présente les apparences précédemment décrites, mais le fond coloré est bien moins intense ; aussi voit-on d'une manière continue les lignes brillantes qui n'apparaissaient tout à l'heure que passagèrement, tandis que de nouvelles raies commencent à devenir perceptibles. La raie noire elle-même est moins prononcée, une moindre quantité de vapeur de sodium échappant à la combustion.

Une légère modification apportée à la première expérience nous permit d'étudier l'influence des vapeurs qui entourent la flamme. Un chalumeau en verre fut placé horizontalement, la pointe effilée contre la tubulure de la cornue, de manière à ce que le vent [1] pût être dirigé, soit sur la flamme elle-même, soit tangentiellement. En agissant sur le jet de vapeur, le courant d'air rend non-seulement la combustion plus complète, mais encore peut entraîner la flamme, rendue horizontale, hors de l'atmosphère sodique ; en soufflant tangentiellement il doit écarter la majeure partie de celle-ci. Si cette atmosphère, en absorbant la lumière jaune, cause l'apparition de la raie noire, on devait évidemment, en explorant la flamme, trouver un point dans le premier cas ou un moment dans le second, où cette raie devait s'affaiblir, varier d'intensité dans ces différentes parties, ou même disparaître complètement. Ces divers phénomènes ont été, en effet, plusieurs fois observés.

Il résulte des expériences précédentes, qu'en rendant la combustion plus complète, en entravant l'entraînement des particules solides, ou en rendant celles-ci plus volatiles, le fond continu tend à s'effacer de plus en plus en laissant apparaître une série de lignes brillantes inconnues; on doit donc le regarder comme le résultat du rayonnement de ces particules incandescentes. Quant à la ligne sombre, elle est bien le résultat d'une inversion

---

celles-ci ont été déterminées plusieurs fois avec soin pour les deux instruments) et servaient de contrôle pour les mesures faites avec le premier.

Voici les positions, dans cet appareil, des principales raies solaires reproduites, comme terme de comparaison, dans la figure 1 de la Planche XII.

A	*a*	B	C	D	E	*b*	F	G	*h*	H
125,5	120,3	116,8	112,3	100	84,3	81	69,7	41,7	27	16,5

[1] L'air qui alimentait le chalumeau, ainsi que la lampe à air et gaz servant à chauffer la cornue, provenait d'une trompe de laboratoire. La grande régularité, la continuité et le règlement facile du vent fourni par cet appareil, nous ont été très-utiles dans ces expériences.

causée par l'interposition de vapeurs non incandescentes entre la flamme et l'œil de l'observateur.

II. L'apparition persistante de raies bien définies dans la flamme du sodium présentait un grand interêt, car elle nous donnait l'espérance de voir cesser l'anomalie étrange en vertu de laquelle ce métal, seul parmi tous les autres, était regardé comme donnant une flamme monochromatique. Aussi avons-nous cherché à bien déterminer, en faisant varier les conditions expérimentales, à quelles causes on devait rapporter leur présence. Nous allons donner rapidement les principales expériences tentées dans ce but.

Le spectre du jet de vapeur enflammée qui s'échappe de la petite cornue de fer nous avait présenté, à part une bande jaune s'étendant de 105 à 95 environ, bien limitée surtout du côté du vert et sur laquelle se projetait la double raie noire, une belle bande verte située vers la division 90 du micromètre. On apercevait en outre sur le fond continu très-brillant, mais seulement par instant, une raie bleue correspondant à la division 74.

Les mêmes apparences se présentèrent encore, mais avec plus de netteté par suite de la chauffe plus facile de l'appareil, en volatilisant le métal dans une petite cornue en verre, recouverte extérieurement de plusieurs couches de pâte à porcelaine, et placée du reste dans les mêmes conditions que la cornue métallique.

Le spectre obtenu en brûlant dans le chlore un fragment de sodium supporté par un petit têt en terre réfractaire, est semblable aux précédents ; il en diffère cependant par les caractères suivants : là où la bande jaune sur laquelle se projette la ligne sombre inverse de $Na\alpha$ paraissait limitée, on aperçoit très-nettement du côté du vert, plus difficilement du côté du rouge, les lignes brillantes β et δ (*fig.* 2) ; après la bande verte bien limitée du côté du bleu, la teinte vert-bleuâtre d'abord très-sombre augmente peu à peu d'éclat, diminue brusquement vers la division 80, et se termine par la ligne bleu-verdâtre γ, qui est persistante. Enfin, dans le bleu, très-beau ainsi que le violet, apparaît parfois une ligne bleue vers la division 10 du micromètre. Ce spectre ne diffère donc des précédents qu'en ce que les limites qu'ils présentaient s'y traduisent par de véritables lignes brillantes.

Nous avons enfin examiné le spectre de l'étincelle d'un appareil d'induction du Ruhmkorff, en employant le sodium comme électrode. Pour éviter la superposition du spectre assez compliqué du gaz ambiant, qui apparaît dès que l'étincelle est accompagnée d'une atmosphère lumineuse, nous avons eu recours à un moyen très-simple, qui consiste à diriger sur l'étincelle un courant d'air suffisant pour empêcher ce gaz de s'échauffer assez pour devenir lumineux. Les lignes qui restaient coïncidaient exactement avec celles que nous avions observées dans les cas précédents. Sur le fond bien moins brillant apparaissait plus nettement la ligne bleue δ', ainsi qu'une nouvelle ligne ε correspondant à la limite indiquée vers 80 ; mais la bande verte[1] n'existait pas, et l'inversion n'avait pas lieu.

[1] Sa présence paraît liée à l'existence d'un excès de vapeurs métalliques.

A mesure que le fond coloré diminue d'intensité, les limites deviennent successivement de véritables raies brillantes; on peut donc en conclure que les raies représentées dans la *figure* 2 apparaîtraient dans tous les cas sans la trop vive radiation des particules solides contenues dans la flamme. Les expériences précédentes démontrent encore que l'apparition des raies ne dépend ni de la nature du support (fer, verre, terre réfractaire), ni de celle de l'agent comburant ou du mode de volatilisation. L'ensemble de ces lignes brillantes constitue donc le spectre du métal employé ou des impuretés qu'il pourrait contenir; les résultats suivants nous paraissent démontrer qu'elles appartiennent toutes au sodium.

Les expériences précédentes avaient été faites avec du sodium existant depuis longtemps dans les collections de la Faculté et, par suite, de source incertaine. Nous avons essayé, dans les mêmes conditions, des échantillons de sodium provenant : 1° de chez M. Rousseau, 2° de l'usine de Salyndres, si habilement dirigée par M. Usiglio, 3° d'une préparation de sodium par la calcination du bitartrate de soude. Les spectres ont été identiques.

Malgré cette identité remarquable, nous avons cru devoir étudier encore la flamme très-brillante que l'on obtient en chauffant du chlorure de sodium pur dans une petite cuiller de charbon de cornue, au moyen d'une puissante lampe à hydrogène et oxygène. Ici, comme avec l'appareil d'induction, l'inversion n'a pas lieu, la bande verte n'apparaît pas, mais sur un fond peu intense se montrent encore et avec netteté les différentes lignes brillantes indiquées plus haut; les lignes δ et δ' sont elles-mêmes assez apparentes. La soude et le carbonate de soude donnèrent les mêmes résultats.

La persistance des raies nouvelles dans des conditions si diverses, rapprochée de ce fait qu'elles ne coïncident avec aucune des raies signalées pour les autres métaux, autorise donc à admettre qu'elles font partie du spectre du sodium.

III. Les procédés précédents ne permettent d'apercevoir les moins brillantes des raies du sodium qu'avec quelque difficulté; la durée de l'expérience est trop limitée, l'éclat de la flamme trop inégal. La méthode suivante, dont nous sommes redevables à M. Foucault[1], ne présente pas ces inconvénients. En modifiant sa lampe monochromatique, de manière à satisfaire aux exigences de nos recherches, nous avons en effet obtenu des spectres per-

---

[1] A l'occasion de la communication des résultats précédents à l'Académie des sciences et lettres de Montpellier, M. Foucault, présent à la séance, fit connaître, en nous engageant à en faire l'essai dans nos recherches, un procédé qui lui avait permis d'obtenir une lumière monochromatique d'un grand éclat. Ce procédé consiste à faire passer un courant d'hydrogène sec à travers un ballon de verre contenant du sodium, maintenu en fusion par une simple lampe à alcool, et à enflammer l'hydrogène sodé qui s'échappe de l'appareil. (*Revue des Sociétés savantes*, I, 298.)

existents et d'une netteté remarquable, non-seulement avec le sodium, mais avec plusieurs autres corps [1].

Si l'on fait passer un courant d'hydrogène sec dans un tube légèrement recourbé près de son extrémité libre et contenant dans la partie inférieure de sa courbure un corps volatil, le jet gazeux sort chargé de vapeurs de ce corps en quantité d'autant plus considérable que le tube est plus fortement chauffé. En enflammant l'hydrogène, on doit donc obtenir une flamme colorée qui, pour certains corps, devient éblouissante quand on active la combustion par un jet d'oxygène.

Quant à la disposition de l'appareil, elle était très-simple : devant l'extrémité ouverte du tube recourbé soutenu à une hauteur convenable, était placé verticalement le chalumeau à oxygène, dont la position pouvait être facilement modifiée pendant l'expérience; enfin, sous la courbure, on disposait une lampe à air et gaz alimentée par la trompe et capable de chauffer le tube au rouge intense. Grâce aux robinets dont cette lampe était munie, on pouvait régler l'entrée de l'air et du gaz de manière à obtenir la chaleur convenable. L'oxygène et l'hydrogène étaient fournis par deux grands gazomètres, sous une pression d'un mètre d'eau au moins; des robinets placés sous la main de l'un des opérateurs permettaient d'en régler à chaque instant l'écoulement.

Lorsqu'un globule de *sodium* est ainsi chauffé dans un tube de fer, on obtient un dard d'un jaune éblouissant, dans le spectre duquel apparaissent six raies bien définies, dont voici les positions :

δ	α	β	ε	γ	δ'
105,7	100	95	80	74	60,7

L'ordre des lettres grecques est celui de l'intensité relative de ces lignes. Toutes se détachent très-nettes sur un fond légèrement coloré qui s'étend à peu près de 110 à 55. Ce fond d'ailleurs n'est pas continu, mais présente deux variations brusques d'intensité, l'une à 90, l'autre à 85 (*fig.* 2). La première de ces limites est remarquable en ce qu'elle correspond à la bande verte que nous avions tout d'abord aperçue dans la flamme de la vapeur de sodium brûlant à l'air ou dans le chlore, mais que nous n'avions pu voir que dans ces circonstances. Si l'on chauffe plus fortement le tube de fer de manière à augmenter la quantité de vapeurs métalliques entraînées par l'hydrogène, cette limite devient plus tranchée, et l'on voit enfin apparaître la bande verte limitée par une ligne très-fine à 90. En même temps se produit l'effet remarqué par M. Fizeau du renversement de la raie brillante α. L'apparition de la bande verte paraît donc liée à l'existence d'un excès de vapeurs de sodium.

Le *potassium* chauffé dans les mêmes conditions donne une flamme magnifique, qu'il

[1] La planche reproduit les spectres que nous avons obtenus en appliquant cette méthode au sodium, au potassium et au lithium.

est facile de maintenir pendant très-longtemps par l'addition successive de globules métalliques. Les raies qui composent le spectre de ce métal ont déjà été signalées pour la plupart par MM. Debray et Grandeau; elles occupent les positions suivantes (*fig.* 3):

α	γ	δ	ε	ε′	ε″
125,5	117,5	98,5-98-97,5	87-86,5-86	79,5-79-78,5	74-73,5-72,5

ζ	ζ′	ζ″	η	β
69	66,7	65	59,7	21,5

Un fond coloré très-brillant, plus étendu encore que pour le sodium, rend difficile l'observation de plusieurs de ces lignes. Si l'on introduit à la fois dans le tube du potassium et du sodium, le spectre du premier métal paraît d'abord seul; mais à mesure qu'il s'affaiblit, on voit se dessiner avec une intensité croissante les raies du sodium. En observant les deux spectres ainsi superposés, il est facile de déterminer la position relative des raies des deux métaux. C'est ainsi que nous avons pu reconnaître que les lignes bleues δ′ du sodium et η du potassium ne coïncident nullement[1].

La même méthode, appliquée aux chlorures des métaux précédents, nous ayant donné des spectres très-nets, quoique moins brillants qu'avec les métaux isolés, il nous a été possible d'opérer sur le *lithium*, qui n'est que peu ou point volatil, en le remplaçant par un de ses composés. Afin de pouvoir chauffer plus fortement, nous avons substitué au tube de fer un petit tube formé d'une lame de platine enroulée sur elle-même et présentant aussi une légère courbure.

En y chauffant du chlorure de lithium pur, nous avons obtenu immédiatement quatre lignes caractéristiques et très-brillantes (*fig.* 4):

α	β	δ	γ
114,3	104,5	75,3	57,2

La ligne bleue γ, déjà signalée par M. Tyndall, coïncide presque exactement avec la plus faible des deux lignes du césium, ainsi que nous l'avons constaté au moyen d'un chlorure de lithium contenant une grande proportion de ce nouveau métal. L'absence de la ligne bleue la plus brillante du césium, des lignes secondaires du sodium et des lignes rouges de la strontiane, démontre que les lignes δ et γ appartiennent en propre au lithium.

La méthode de volatilisation dans un courant d'hydrogène paraît être générale. Elle s'applique avec succès au chlorure de calcium; et si, pour les chlorures de strontium et de baryum, trop peu volatils, elle ne donne pas des résultats supérieurs à ceux de la mé-

[1] Dans un tube de verre, le sodium ou le potassium donne le même spectre que dans le fer, avec cette différence qu'il est accompagné des raies principales de l'autre métal fourni par le verre.

thode ordinaire, elle reprend toute son excellence avec ceux de cuivre, de zinc, etc., qui nous ont présenté des spectres assez nets et assez intenses pour en rendre l'étude facile. Nous dirons enfin que cette lumière acquiert avec certains corps un tel éclat, qu'elle peut être employée avec avantage pour la projection des phénomènes.

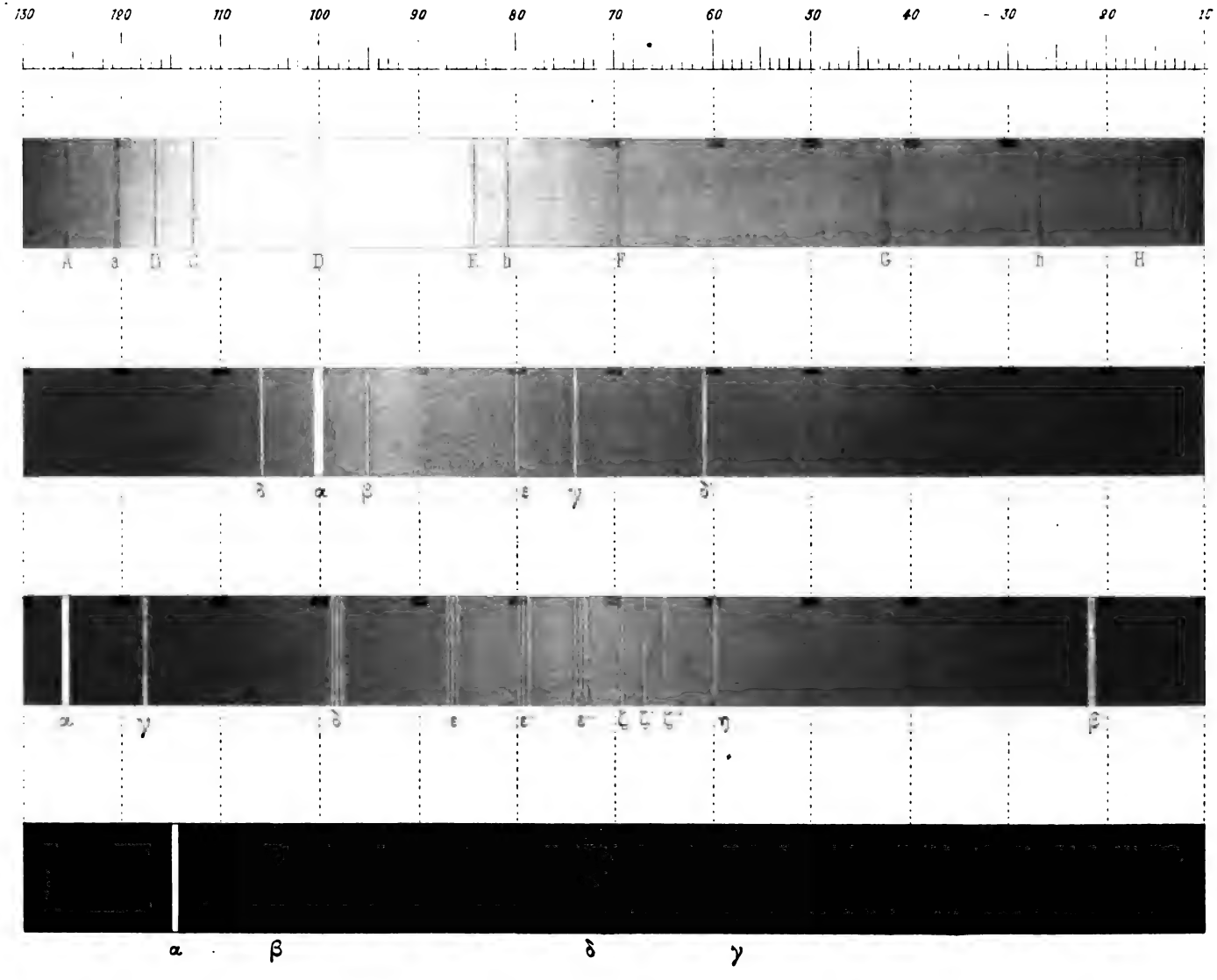
Des diverses expériences énumérées dans ce travail, il nous paraît résulter :

Que les faits observés par M. Fizeau sont dus à un phénomène d'inversion, causé par une combustion incomplète;

Que la lumière émise par le sodium n'est pas monochromatique;

Que si les spectres des métaux restent les mêmes, quels que soient l'agent de la combustion ou le genre de combinaison dans lequel le métal était primitivement engagé, il n'en est plus ainsi si l'on fait varier la température ou la quantité de vapeur. Ces spectres se compliquent, en effet, à mesure que la température s'élève, et certaines parties paraissent devenir plus intenses lorsque la flamme contient un excès de vapeurs métalliques.

SPECTRES DES MÉTAUX ALCALINS.



Lith. Boehm et fils Montpellier.

SUR LES PRODUITS

De la distillation sèche du CAMPHORATE DE CUIVRE,

Par M. A. MOITESSIER.

Quand on soumet à la distillation sèche le camphorate de cuivre sec $C^{10}H^{14}Cu^{2}O^{4}$ *, la substance se décompose vers 200° en plusieurs produits solides, liquides et gazeux. Le dôme de la cornue se tapisse bientôt, en effet, de longues aiguilles blanches, pendant que de l'eau mélangée d'une matière huileuse brune passe à la distillation. Enfin, l'opération est accompagnée d'un abondant dégagement de gaz qui consistent essentiellement en un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone. Si la décomposition du sel a été complète, il reste comme résidu dans la cornue une matière rouge presque entièrement composée de protoxyde de cuivre.

Les cristaux blancs sublimés ont été purifiés par une cristallisation dans l'alcool, afin de les débarrasser d'une petite quantité de matière huileuse ; on les a ensuite soumis à l'analyse.

0gr, 3 de substance ont donné 0,719 d'acide carbonique et 0,213 d'eau. Ces résultats conduisent à la composition de l'acide camphorique anhydre, comme le montrent les nombres suivants :

	trouvé.	ac. camphor. anh. calculé.
Carbone...	65,33	65,93
Hydrogène.	7,89	7,69
Oxygène.	26,78	26,38
	100,00	100,00

Cette substance partage d'ailleurs toutes les propriétés de l'acide camphorique anhydre, et j'ai même pu constater au microscope l'identité de forme cristalline.

* C = 12 O = 16.

Le liquide passé à la distillation consiste en une huile jaunâtre légère et en une grande quantité d'eau à réaction faiblement acide. La quantité du liquide huileux, toujours très-peu considérable, est relativement plus grande lorsqu'on effectue la décomposition sur de petites quantités de camphorate à la fois. 200 grammes de sel de cuivre ont donné en cinq opérations 30 grammes de cette substance, tandis que j'en ai obtenu 18 grammes seulement avec la même quantité traitée en une seule fois.

Soumis à la distillation, ce liquide huileux, séparé de l'eau qui l'accompagne, entre en ébullition à 120° environ. Le thermomètre reste stationnaire jusqu'à ce que les trois quarts du liquide se soient volatilisés, et monte ensuite brusquement à 225°. Il passe alors une très-petite quantité d'une matière liquide, et le résidu de la cornue se décompose en donnant une résine noire.

Le produit, bouillant entre 120° et 125°, donne par quelques distillations fractionnées un liquide dont le point d'ébullition se fixe entre 110° et 112°. Cette substance, que je considérais comme pure, a été soumise à l'analyse. Deux combustions effectuées sur des substances obtenues dans deux opérations distinctes ont fourni les résultats suivants :

I. 0,2945 de matière ont donné 0,9195 d'acide carbonique et 0,231 d'eau;

II. 0,325 de matière ont donné 1,023 d'acide carbonique et 0,358 d'eau.

On déduit de ces nombres la composition centésimale suivante :

	I.	II.
Carbone.....	85,14	85,84
Hydrogène....	12,11	12,24
Oxygène.....	2,75	1,92
	100,00	100,00

En présence de la petite quantité d'oxygène contenue dans cette substance, il paraissait évident que j'avais un hydrocarbure renfermant une petite quantité d'eau, qui n'avait pu être séparée par des distillations ; j'ai alors déterminé par le calcul quelle serait la composition de cet hydrogène carboné, en supposant tout l'oxygène à l'état d'eau. Ce calcul a donné les résultats suivants :

	I.	II.
Carbone.....	87,79	87,74
Hydrogène....	12,21	12,27
	100,00	100,00

Pour confirmer l'exactitude des analyses ainsi corrigées, 15 grammes de substance, purifiée comme la précédente par distillation fractionnée, ont été distillés à trois reprises sur un fragment de sodium; de l'hydrogène s'est dégagé, et le point d'ébullition s'est alors abaissé à 105°. Après ce traitement, le liquide a été analysé.

0,291 de substance ont donné 0,950 d'acide carbonique et 0,319 d'hydrogène, ce qui conduit à la composition centésimale suivante :

Carbone.....	87,15
Hydrogène.....	12,18
	99,33

Enfin, j'ai dû, pour fixer l'équivalent de cet hydrocarbure, en déterminer la densité de vapeur. Cette détermination, faite à l'aide du procédé de M. Dumas, a donné pour résultat le nombre 3,984 [1].

Les données expérimentales qui précèdent conduisent à la formule C^8H^{14}, qui seule est à la fois d'accord avec la composition centésimale et la densité de vapeur.

	Expérience	Calcul (C^8H^{14})
Carbone.....	87,15	87,28
Hydrogène...	12,18	12,72
	99,33	100,00
Densité de vapeur..	3,984	3,799 (4 vol.)

L'hydrogène carboné qui se produit par la distillation sèche du camphorate de cuivre doit donc être représenté par la formule C^8H^{14}. Cette substance est insoluble dans l'eau, liquide à la température ordinaire; elle bout à 105°. Sa densité à l'état liquide est de 0,793; à l'état de vapeur, elle est de 3,984. Son odeur rappelle à la fois celle du camphre et celle de l'essence de térébenthine.

L'acide nitrique l'attaque vivement à chaud en produisant une matière résineuse. L'acide chlorhydrique gazeux la transforme en une huile verte d'une odeur désagréable et dont le point d'ébullition est plus élevé que celui de la substance primitive.

La petite quantité de matière dont j'ai pu disposer ne m'a pas permis de pousser plus loin cette étude.

---

[1] Excès du poids du ballon plein de vapeur sur le poids du ballon plein d'air = 0,475
Température de la balance. . . . . = 16°
Hauteur barométrique corrigée (constante pendant l'expérience) . . . . = 0,746
Température du bain d'huile. . . . . = 185°
Volume du ballon. . . . . = 269,5
Volume du résidu d'air. . . . . = 7,0

NOTE

SUR

LES URÉES SULFURÉES,

Par M. Félix JEANJEAN.

M. Wurtz a montré, il y a déjà quinze ans, que si l'on fait agir l'ammoniaque ou les ammoniaques composées sur les éthers cyaniques, on obtient des corps qu'il a désignés sous le nom d'urées composées.

Si, au lieu d'employer les éthers cyaniques, on se sert des éthers sulfo-cyaniques, on peut obtenir des composés analogues.

En soumettant le sulfo-cyanate d'éthyle à l'action de l'ammoniaque, on obtient des réactions différentes, selon qu'on emploie cet alcali en quantité plus ou moins grande, et selon qu'il est sec ou que l'eau intervient.

En employant l'ammoniaque ordinaire en excès, il se forme à froid une grande quantité de produits noirs incristallisables.

Si l'ammoniaque est étendue d'eau et qu'on opère à chaud, il se produit de l'urée ordinaire, du bisulfure d'éthyle et du cyanhydrate d'ammoniaque, comme l'indique la formule

$$2C^6H^5AzS^2 + 2AzH^4O = 2C^4H^5S^2 + C^2Az^2H^4 + C^2AzO,AzH^4O.$$

En faisant agir l'ammoniaque sèche sur le sulfo-cyanate d'éthyle, on obtient une petite quantité d'un corps solide dont la composition correspond à la formule $C^6H^8Az^2S^2$, qui est celle de l'éthylurée sulfurée.

On a trouvé, en effet :

	1°	2°		Composition expérimentale.	Théorique.
Poids de la mat.	0,3			C = 34,56	C = 34,61
CO^2	0,380	0,380	d'où °/°	H = 7,7	H = 7,69
HO	0,210	0,208		Az = 26,9	Az = 26,9
				S = 30,62	S = 30,77

On obtient des réactions identiques en substituant le sulfo-cyanate de méthyle au sulfo-cyanate d'éthyle.

L'éthylamine attaque aussi le sulfo-cyanate d'éthyle et forme un corps cristallisé, dont la composition, déduite d'un dosage du carbone, paraît correspondre à celle de la bi-éthylurée sulfurée $C^{10}H^{12}Az^2S^2$.

DES

NOTIONS RELATIVES AUX CÉPHALOPODES,

QUI SONT CONSIGNÉES DANS ARISTOTE[1];

Par M. Paul GERVAIS.

Je me propose de démontrer, conformément à la remarque déjà faite par Cuvier, qu'Aristote a connu l'histoire des Céphalopodes *à un degré vraiment étonnant*.

Antérieurement aux remarquables travaux de Cuvier lui-même, de De Blainville et des savants auxquels ces deux grands naturalistes ont ouvert la voie, les modernes n'avaient presque rien ajouté à ce que le philosophe grec a écrit au sujet des Mollusques céphalopodes, et, comme l'a fait également observer l'auteur des *Mémoires sur l'anatomie des mollusques*, Aristote n'a même été que très-rarement trouvé en défaut pour ce qui concerne l'anatomie des animaux dont il s'agit. Chose remarquable! certains faits de l'histoire naturelle des Céphalopodes ne nous sont encore connus, dans l'état actuel de la science, que par ce qu'il en a dit, et, chaque jour, les nouvelles découvertes des observateurs lui donnent raison contre ses traducteurs ou contre ses critiques.

En comparant aux faits ce que le père de la zoologie a écrit au sujet de l'embryon des Sèches, Cuvier a pu rectifier la fausse interprétation qu'on

[1] Mémoire lu, le 8 avril 1863, à la Réunion des Sociétés savantes, tenue à Paris sous les auspices de M. le Ministre de l'Instruction publique.

avait donnée d'un passage du Περὶ ζώων ἱστορίας, relatif au mode d'implantation de la vésicule vitelline chez ces Mollusques ; et, d'autre part, c'est pour avoir méconnu une observation curieuse consignée dans Aristote, celle qui a trait au bras copulateur des Poulpes, que Cuvier a décrit, comme étant un nouveau genre de vers intestinaux, le bras hectocotylisé de certaines espèces de ce groupe, c'est-à-dire leur bras copulateur.

Les Mollusques céphalopodes, dont Linné n'a fait que trois genres, sous les noms d'*Argonauta*, *Nautilus* et *Sepia*, n'étaient point regardés par le célèbre auteur du *Systema naturæ* comme étant des animaux d'un seul et même groupe, et il ne les réunissait pas davantage dans une même classe. Au contraire, il plaçait les Argonautes et les Nautiles, genres cependant si différents entre eux, l'un à côté de l'autre et dans la classe des vers testacés ; tandis qu'il reportait parmi les vers mollusques les espèces de son genre *Sepia*, et y associait sans motifs des animaux qu'Aristote s'était bien gardé de confondre sous une dénomination générique commune. Ces *Sepia* sont le *Sepia octopus* (le Poulpe), le *Sepia officinalis* (le Sèche) et le *Sepia loligo* (le Calmar), auxquels le naturaliste suédois a ajouté la Sépiole (*Sepia sepiola*), ignorée d'Aristote, mais signalée par Rondelet, et un petit nombre d'autres espèces dont on fait maintenant des genres à part. Quant au Poulpe musqué, déjà mentionné par le précepteur d'Alexandre, Linné n'en parle pas ; cependant Rondelet, ainsi que Belon et les autres naturalistes de la Renaissance, en avaient confirmé l'existence.

On le voit, les données relatives aux Céphalopodes pourvus de ventouses que l'École de Linné a recueillies, sont moins complètes et surtout moins précises que celles consignées plus de deux mille ans auparavant dans l'*Histoire des animaux*. Aristote, l'auteur de cette histoire, avait séparé nos Céphalopodes dibranches en trois catégories distinctes : les Poulpes, les Calmars et les Sèches, comme Lamarck l'a fait dans un mémoire publié en 1798, et il avait mieux compris que les auteurs modernes antérieurs à De Blainville, les affinités qui rattachent aux Poulpes les Argonautes, indiqués par lui comme étant des Poulpes à coquilles, sous le nom de Nautile ou Nautique. Ce sont ces derniers noms que les modernes ont à tort reportés à un animal tout différent et complètement étranger aux parages étudiés par Aristote, c'est-à-dire à la Méditerranée. Aussi bien le fondateur de la zoologie avait compris que les

Céphalopodes forment une classe à part, ce qui n'a été accepté que depuis les travaux de Cuvier, et ce qu'il a dit des caractères de cette classe, à laquelle il a donné le nom de *Mollusques* (Μαλάκια) aujourd'hui employé dans un sens plus large, est parfaitement exact. C'est ce que l'on reconnaîtra par la citation suivante, que je donne d'après la traduction de Camus.

« Les Mollusques (c'est-à-dire nos Céphalopodes dibranches) offrent à l'extérieur les parties que voici : d'abord ce qu'on nomme leurs pieds, puis la tête qui les suit, troisièmement le tronc (τὸ κύτος, aujourd'hui le sac) qui couvre le reste de leur corps et que quelques-uns appellent la tête, mais mal à propos ; enfin, les nageoires qui entourent le tronc. Il est commun à tous les Mollusques d'avoir la tête placée entre les pieds et le ventre, et d'avoir huit pieds. Tous, excepté un seul genre de Polypes (Πολύπους, chez les Grecs, était le nom des Poulpes), ont à ces pieds une double cellule (une double rangée de ventouses). Il est particulier à la Sèche (Σηπία), au grand Calmar (Τεῦθος) et au petit (Τευθίς) d'avoir deux trompes longues (δύο προβοσκίδας μακράς, ou bras tentaculaires des descriptions actuelles). »

La distinction entre les Poulpes, Céphalopodes qui ont huit bras, mais point de tentacules proboscidiformes, et les autres animaux de cette classe qui ont deux tentacules en outre des huit bras ordinaires, n'est pas moins nettement établie que la classe même comprenant l'ensemble de ces Mollusques.

Aristote fait très-justement observer que les Poulpes seuls doivent à la forme de leur corps ainsi qu'à la disposition de leurs bras de pouvoir marcher, ce qui est impossible aux Calmars et aux Sèches.

Même exactitude lorsqu'il traite de la division des Poulpes en leurs différents genres. Voici comment le passage où il en parle me semble devoir être rendu :

« Les genres des Poulpes sont multiples. Et d'abord, principalement celui vivant au large[1], le plus grand d'entre eux ; les littoraux sont supérieurs[2] aux pélagiens ; d'autres sont petits et tachetés (ποικίλοι) ; ceux-ci ne se mangent

---

[1] Ἓν μὲν τὸ μάλιστ' ἐπιπολάζον καὶ μέγιστον αὐτῶν.

[2] Εἰσὶ δὲ πολὺ μείζους (qui signifie peut-être *plus grands*, mais qu'on pourrait traduire par *meilleurs* ou *préférables*, parce qu'il y a précédemment μέγιστον) οἱ πρόσγειοι τῶν πελαγίων.

pas. Deux autres sont appelés *Hélédones* (Ἑλεδώνη), caractérisés par la longueur de leurs pieds, et parce que, seuls parmi les Mollusques, ils sont monocotylés, car tous les autres sont dicotylés[1]; les uns les nomment *Bolitènes* (Βολίταινα), les autres *Ozolis* (Ὄζολις). Il y en a encore deux, mais vivant dans des coquilles. Ils sont petits et semblables par la forme aux Bolitènes. Tel est celui appelé Nautile (Ναυτίλος) par certains, et Nautique (Ναυτικός) par d'autres, et par quelques-uns œuf (ou ovaire) du Polype (ᾠὸν πολύποδος)[2]. Sa coquille est semblable à un peigne creux (οἷον κτεὶς κοῖλος), et il ne lui est pas adhérent (οὐ συμφυής); quelquefois il cherche sa nourriture près de terre, et alors il est jeté par les vagues sur le sec, et, étant privé de la coquille qui le protégeait (περιπεσόντος τοῦ ὀστρέου), il périt sur le sol. Et l'autre, dans la coquille (καὶ ἄλλος ἐν ὀστράκῳ), comme le Limaçon qui n'en sort point, se tient dedans comme lui et étend quelquefois les bras au dehors.»

Les zoologistes modernes ont dénommé au moins trente espèces de Poulpes comme étant propres à la Méditerranée. Plus de la moitié sont, il est vrai, purement nominales, et le genre Argonaute, en particulier, n'en possède qu'une seule existant réellement dans cette mer. Quels sont donc ces deux Nautiles (*Nautilos* ou *Nauticos*), c'est-à-dire ces deux navigateurs ou matelots dont la cargaison consiste en œufs de leur propre espèce ? L'un reste dans sa coquille, tandis que l'autre en est séparé dès que la vague l'a fait échouer sur la plage. Beaucoup d'auteurs ont pensé que si le premier est bien notre Argonaute, le second ne pouvait être que le Nautile flambé, c'est-à-dire un Céphalopode tétrabranche, non acétabulifère, à coquille chambrée au lieu d'être uniloculaire, et par conséquent un animal fort différent, par sa structure anatomique autant que par ses caractères extérieurs, des Argonautes véritables. Cette synonymie a été contestée par quelques naturalistes et, je crois, avec raison. Aristote, en effet, ne classe-t-il pas son second Nautile parmi les Poulpes, tout aussi bien que le premier ?

---

[1] C'est-à-dire que les Hélédones ont un seul rang de ventouses brachiales, tandis que les autres Céphalopodes dibranches en ont toujours deux.

[2] Camus substitue à ce passage : ἔστι δὲ οἷον πολύπους (il est semblable au Poulpe); mais le texte dit plus loin qu'il a l'apparence extérieure du Bolitène, lorsqu'il a été retiré de sa coquille. Ὠὸν πολύποδος est dans Gaza et dans Rondelet. C'est une allusion faite par Aristote à la présence des œufs de l'Argonaute dans la coquille des Poulpes de ce genre.

Et ne résulte-t-il pas de son texte, quoique Rondelet admette le contraire, que si les Nautiles ressemblent au Bolitène, c'est-à-dire à l'Hélédone, par la forme de leur corps, ils ont pourtant deux rangs de ventouses, au lieu d'un, puisque le Bolitène ou Hélédone est l'unique exception précédemment signalée sous ce rapport dans toute la classe des Céphalopodes. Rondelet a eu tort de ne leur en donner qu'un seul.

Aristote distingue deux genres ou plutôt deux états du Nautile, c'est-à-dire de l'Argonaute; mais il appelle aussi un double genre, l'Hélédone, dont il ne fait cependant qu'une seule espèce, dite Ozolis par les uns et Bolitène par les autres. Pourquoi ne pas admettre qu'en réalité ses deux genres de Poulpes à coquilles n'en constituent plus qu'un seul, du moment que l'on attribue au mot genre la signification que lui donnent les modernes? Cette opinion me paraît bien préférable, car je ne comprends pas comment un auteur aussi bien informé aurait pu rapporter l'animal du Nautile flambé au genre des Poulpes, et en assimiler la coquille à celle de l'Argonaute. Ni l'animal du Nautile des naturalistes actuels, ni sa coquille, ne justifient un pareil rapprochement. On remarquera d'ailleurs que le texte grec ne donne pas de nom particulier au second genre de Poulpes à coquille, ce qui aurait certainement eu lieu si c'eût été le Nautile flambé et non un Argonaute, comme le premier. Comment ensuite aucun des auteurs, soit grecs, soit romains, qui ont écrit après Aristote, presque toujours en le copiant ou le paraphrasant, n'aurait-il insisté sur cette distinction, si elle avait eu la valeur que lui suppose l'opinion que nous combattons?

Il est, au contraire, évident par les citations précédentes qu'Aristote a connu les principaux Céphalopodes de la Méditerranée, et qu'il n'a connu que ceux-là. Ce sont la Sèche, l'Ommastrèphe (τευθίς), le Calmar (τεῦθος), l'Argonaute (ναυτίλος et ναυτικός), l'Hélédone et des Poulpes proprement dits appartenant à plusieurs espèces. Ajoutons que ces espèces sont probablement les suivantes: 1° l'*Octopus macropus*, qu'on prend au large (ἐπιπολάζον), et dont la chair est peu estimée. Ce Poulpe est le plus grand de tous et il répond à celui désigné par Aristote comme ayant les bras longs de deux coudées; 2° le *Tremoctopus velifer* ou l'*Octopus Carena*, espèces dont le troisième bras de gauche s'hectocotylise dans toute sa longueur; 3° le Poulpe commun, préféré comme aliment aux Poulpes pélagiens, et 4° d'autres Poulpes plus petits à

corps tacheté, qui sont sans doute le *Philonexis Kollikeri* ou quelque autre des espèces connues depuis les travaux de MM. Verany, Khron, etc. On serait même tenté d'ajouter avec M. Verany que le Bolitène et l'Ozolis, réunis à l'Hélédone par Aristote comme en étant, ainsi qu'on le dirait aujourd'hui, des doubles emplois, sont : le premier, l'Hélédone sans odeur, c'est-à-dire l'*Heledone Aldrovandi*, et, le second, l'Hélédone odorant ou Hélédone commun, c'est-à-dire l'*Heledone moschata*. Mais ces derniers rapprochements, j'ai hâte de le dire, restent de pures conjectures, car la brièveté des textes ne nous permet que difficilement la preuve certaine de leur exactitude. L'important est qu'ils ne soient pas contraires à la vérité, et cela est, je crois, chose acquise à la discussion.

Ce n'est pas non plus sans étonnement que l'on compare aux faits démontrés par les savantes dissections de Swammerdam, de Cuvier, de De Blainville et des autres anatomistes qui se sont occupés des Céphalopodes, les détails consignés dans l'ouvrage d'Aristote au sujet de la conformation de ces animaux, et j'ai moi-même éprouvé une véritable satisfaction à les vérifier par des dissections spéciales. Certains points de la physiologie de ces Mollusques sont également exposés avec une grande exactitude dans les écrits de l'auteur grec, particulièrement en ce qui concerne les fonctions de la digestion, celles de reproduction et l'embryogénie. Les recherches les plus minutieuses et les plus récentes en ont presque constamment démontré la réalité ; et, si l'on ne savait que les conditions dans lesquelles Aristote et ses compatriotes se sont trouvés placés pour les recueillir sont éminemment favorables à l'étude des Céphalopodes, animaux dont il se fait une pêche suivie sur tous les points de la Méditerranée, on ne comprendrait pas qu'à cette époque de la science il ait été possible à un écrivain dont les ouvrages embrassent des sujets si divers, de rester constamment si exact et si bien informé. C'est que beaucoup de notions enregistrées par Aristote dans cette circonstance ne sont autres que celles du vulgaire sur les côtes où elles ont été recueillies ; et encore aujourd'hui nous les retrouvons pour la plupart familières aux pêcheurs du littoral méditerranéen.

Mais les traducteurs, travaillant loin de la mer et sans aucun rapport avec les pêcheurs, qui en fait de zoologie maritime sont parfois tout aussi savants qu'Aristote et que Rondelet, sont loin d'avoir toujours bien compris

ce que le grand naturaliste grec a écrit ; aussi chaque jour les remarques des naturalistes démontrent-elles quelque erreur dans l'interprétation qu'ils en ont donnée. Dans plusieurs circonstances on n'a pas craint de contester la vérité de ses récits relatifs aux Céphalopodes, et nous voyons Rondelet, d'habitude si bon observateur, dire à propos du bras copulateur de certains Poulpes dont Aristote signale déjà très-exactement la fonction : « *sed hæc somnia esse anatome certo demonstrat* ».

Voici en quelques mots l'histoire de ce bras copulateur des Poulpes (*Argonaute*, *Octopus Carena* et *Tremoctopus velifer*.)

Aristote s'exprimait ainsi à son sujet : « Ce bras du Poulpe est le plus pointu de tous, le seul qui soit blanchâtre et séparé en deux à son extrémité, et il lui sert dans l'accouplement. Il est placé sur le pédoncule (ῥάχις), partie lisse au-delà de laquelle commencent les ventouses. »

C'est le même organe, détaché du corps des mâles et fixé par ses ventouses dans le sac des femelles, que Laurillard retrouva sur des individus de ce dernier sexe recueillis par lui à Nice.

Cuvier le décrivit alors comme un entozoaire auquel il donna le nom générique d'*Hectocotyle*. Quelque temps auparavant, l'Hectocotyle de l'Argonaute avait été pris par M. Delle Chiaje pour un ver d'un autre genre, pour un trichocéphale, sans doute à cause du long filament spermatique dont il est terminé, et il est désigné par le même savant sous le nom de *Trichocephalus acetabularis*. De Blainville ne vit dans les Hectocotyles que des bras de Poulpes accidentellement arrachés à ces animaux ; mais Dujardin mit les naturalistes sur la voie de leur véritable fonction lorsqu'il fit observer que le long filament qui en sort « ressemble complètement aux spermatozoïdes des Céphalopodes ». Précisément, il n'est composé que de spermatophores dont la longueur dans ces espèces atteint jusqu'à un mètre. C'est ce qu'ont vu à leur tour MM. Kolliker, Verany, R. Leuckart, Henri Muller, Vogt, et d'autres encore. Toutefois, M. Kolliker, imité en cela par M. de Siebold, crut que ce bras représentait le mâle tout entier, et qu'au lieu d'être un bras modifié c'était un individu complet, un mâle en un mot, très-différent de sa femelle par la forme extérieure et par l'ensemble de ses caractères, quoique possédant néanmoins tous les organes que comportent sa propre existence et la fonction spécialement fécondatrice qui lui est dévolue. M. Kolliker s'ap-

puyait non-seulement sur ses propres dissections, mais aussi sur les prétendues observations embryogéniques de Madame Power. MM. H. Muller, Verany, Vogt et Leuckart, ont montré comment ce bras, qui est le troisième de gauche, prend une forme différente de celle des autres, avant de se détacher du corps des mâles pour se fixer sur celui des femelles, à la fécondation desquelles il va concourir; et c'est à M. H. Muller que l'on doit d'avoir spécialement démontré qu'il existe entre la poche dans laquelle ce bras, destiné à des fonctions si nouvelles, se transforme, et le réservoir séminal dans lequel s'accumulent les spermatophores à mesure qu'ils sont fournis par les organes internes de la génération, un canal de communication servant à faire passer de l'un dans l'autre les éléments fécondateurs. Ce canal avait déjà été soupçonné par M. Leuckart.

Le texte grec parle du bras modifié des Poulpes, auquel bras les pêcheurs attribuent le rôle d'organe excitateur; mais il ne nous dit pas quelles espèces de ces Mollusques présentent ce caractère, ni s'il est commun à toute leur famille. On pourrait cependant conclure d'un autre passage du même ouvrage, que tous les Poulpes ne se ressemblent pas sous ce rapport; ce passage est celui dans lequel il est question de deux ventouses plus grandes que les autres existant à l'un des bras dans les animaux du même groupe (δύο μέγισται κοτυληδόνες).

Rondelet, qui a traité de songe la disposition du bras fécondateur des Poulpes, telle qu'on la retrouve cependant chez les Argonautes, chez les Trémoctopes vélifères et chez les Poulpes de Carena, a également nié que les mâles du Poulpe commun portassent à l'un de leurs bras des ventouses plus grandes que les autres. Eh bien! M. Steenstrup a montré que cette particularité existe réellement dans l'*Octopus vulgaris*, c'est-à-dire dans le Poulpe commun, et de mon côté j'ai observé la présence d'une ventouse également beaucoup plus grande que celles qui la précèdent ou qui la suivent, sur plusieurs des bras d'un *Octopus macropus*, le seul mâle de cette espèce que j'aie encore rencontré.

On doit à M. Steenstrup un très-intéressant mémoire sur ces modifications plus ou moins hectocotyliformes, qui distinguent certains bras des individus mâles, non-seulement dans les Octopodidés, mais encore dans les autres Céphalopodes dibranches, et ce savant a donné le tableau de leurs dispositions

respectives dans onze genres différents, auxquels MM. Troschel et Claus en ont encore ajouté de nouveaux.

Il résulte de ces curieuses observations, dont plusieurs ont été confirmées par nous-même, que l'hectocotylisation n'est pas la condition spéciale des Argonautes et de quelques autres Poulpes (Trémoctopes ou Philonexis), mais qu'elle constitue une disposition générale commune à tous les animaux de l'ordre des dibranches, bien qu'elle n'existe chez les uns qu'avec un développement beaucoup inférieur à celui qu'elle acquiert chez les autres. A M. Steenstrup revient l'honneur d'avoir, le premier, généralisé le fait curieux de l'hectocotylisation dans la série des Céphalopodes dibranches, et l'on doit à M. Roulin d'avoir aussi fait voir, le premier, qu'en ce qui concerne certains Poulpes, cette particularité, si mal comprise jusqu'aux travaux de M. H. Muller et de M. Vogt, était déjà une notion vulgaire chez les Grecs. Ne pourrait-on pas ajouter que l'auteur du Περὶ ζώων ἱστορίας parle aussi des Spermatophores, et que *ce quelque chose de comparable à des cheveux* (τριχώδη ἄττα), que ces Mollusques ont, suivant lui, dans le corps[1], n'est autre que l'amas des pompes séminales ou spermatophores retrouvés par Needham et que plusieurs auteurs contemporains se sont appliqués à bien décrire? Camus traduit ainsi ce passage: « Enfin, les Mollusques ont dans le corps des espèces de poils». Le réservoir placé entre le spermiducte et les vésicules séminales est rempli de ces prétendus poils, et l'on en trouve aussi dans le sac des femelles, comme MM. Lebert et Robin l'ont vu chez les Calmars, et comme je l'ai observé de mon côté chez l'*Ommastrephes sagittata* de la Méditerranée. Dans cette dernière espèce, ce sont deux houppes de corps sétiformes implantées dans le sac au-dessous de la dilatation lagéniforme qui termine les oviductes; ils sont beaucoup plus courts que les spermatophores des Poulpes, et leur forme est en même temps différente de celle qu'ils présentent dans les Sèches et dans d'autres Céphalopodes.

On trouve encore dans Aristote diverses indications se rapportant aux organes génitaux des Mollusques Céphalopodes. Il est vrai qu'elles ne sont pas toujours parfaitement claires, du moins dans l'état de nos connaissances actuelles. Nous devons néanmoins les rappeler ici.

---

[1] Ἔχουσι δὲ καὶ τριχώδη ἄττα ἐν τῷ σώματι.

Suivant lui, les mâles ont au-dessous de l'estomac (Camus dit à tort « de l'œsophage ») un conduit qui va de l'encéphale (ἐγκέφαλον) à la partie inférieure du sac (πρὸς τὰ κάτω τοῦ κύτους). Ce conduit est-il simplement le spermiducte? Est-ce cet organe plus le canal de Leuckart qui le continue jusqu'à l'enveloppe du bras copulateur? La chose est difficile à supposer, à moins que, pour justifier cette dernière version, on n'admette que le corps, semblable à un mamelon (ὅμοιον μαστῷ) auprès duquel il le fait lui-même terminer, est le sac du bras copulateur. Mais cela est d'autant plus difficile à croire qu'il est immédiatement question dans cet alinéa de la présence de deux de ces conduits au lieu d'un, dans les femelles; sans doute dans celles des Calmars, qui ont en effet deux oviductes, car la Sèche n'en a qu'un. Aristote ajoute que, dans l'un et l'autre sexe, il y a auprès des pores terminaux de ce canal de petits corps rouges (probablement les glandes nidamentaires accessoires). Mais ces glandes sont spéciales aux femelles, et il les signale dans les deux sexes. Voilà donc un passage qui, s'il est exact, et rien ne nous prouve qu'il ne le soit pas, attend encore sa traduction définitive et sa vérification.

L'alinéa suivant traite de l'ovaire sous le nom d'œuf (ὠόν). L'ovaire du Polype forme, y est-il dit, une masse unique, grosse et à surface inégale; la liqueur qu'il contient est blanche et son volume dépasse celui de la tête de l'animal. Chez les Sèches, ce sont comme deux sacs distincts, dont chacun renferme des grains comparables à de la grêle. Il convient d'ajouter que ces grains sont les véritables œufs, et Aristote confirme lui-même cette explication fournie par l'examen anatomique, lorsqu'il dit (*liv. V, chap. 18*) que les Sèches pondent des œufs comparables à des baies de myrthes, et qui se tiennent les uns aux autres comme les grains dans une grappe. Ce qu'il rapporte de l'habitude dans laquelle sont les mâles de ce genre de répandre sur ces œufs une liqueur qui les noircit, est-il aussi fondé? Ce point reste encore une des incertitudes de la science moderne.

C'est à l'auteur dont nous donnons l'analyse, qu'il faut aussi recourir pour savoir comment sont disposés les œufs des Poulpes. Ce que nous connaissons à cet égard se borne à une indication très-incomplète due à MM. Quoy et Gaimard; mais Aristote compare les amas de ces œufs aux chatons du peuplier, et il dit que les œufs y sont accumulés en quantité considérable. Les jeunes, ajoute-t-il, en sortent comme une infinité de petites araignées qui

rampent, et alors leurs membres ne sont pas encore bien marqués. Pourquoi faut-il que je rappelle ici que plusieurs auteurs modernes ont fondé des espèces sur des Poulpes de cet âge, et qu'ils ont donné comme caractères distinctifs de ces espèces, la brièveté des bras et le nombre de leurs ventouses moindre que chez les Poulpes ordinaires?

La description des organes digestifs laisse moins à désirer que celle des organes reproducteurs, qui cependant est elle-même, ainsi qu'on vient de le voir, tout à fait digne d'attention. Il y est question de la langue, à laquelle notre auteur refuse cependant ce nom, mais qu'il nomme un petit corps charnu (μικρὸν σαρκώδης); des deux mâchoires; de l'œsophage et de son jabot; de l'estomac; du grand cœcum spiral placé au commencement du duodénum, et qui reçoit à sa base les deux canaux cholédoques; enfin de l'intestin, qui part de l'estomac pour remonter dans la direction de la bouche. Les Céphalopodes y sont donnés comme n'ayant point de viscère (σπλάγχνον), ce qui signifie qu'ils n'ont point de masse comparable à celle du cœur et des poumons réunis, tels qu'on les retire du corps des quadrupèdes pour les vendre aux consommateurs; mais ils possèdent un *mytis* (μύτις) qui est placé en arrière de la bouche et que croise l'estomac. Ce mytis est évidemment le foie. Aristote dit en effet qu'il contient la poche à encre. Pour ce qui est de cette poche, il sait que son conduit débouche auprès de l'anus, par un orifice spécial et ne servant pas, par conséquent, à rejeter au dehors les excréments ordinaires.

L'entonnoir est aussi parfaitement indiqué dans ce qui concerne sa position comme dans ce qui a trait à son usage. Cependant l'ouverture du sac est appelée une bouche (στόμα), parce qu'elle sert à l'entrée de l'eau dans cette partie que, du temps d'Aristote comme à présent, certains pêcheurs ont appelée la tête. Voilà pourquoi Camus a vu dans la *bouche du sac*, c'est-à-dire dans la grande ouverture par laquelle ce sac communique avec le dehors, l'entrée véritable du tube digestif; ce qui lui a fait dire, sans que rien dans le texte grec justifie le moins du monde son interprétation, que l'entonnoir sert à rejeter l'eau qui entre dans le corps des Céphalopodes, *quand ils ouvrent la bouche pour saisir leur proie*. Aristote rappelle au contraire, mais dans un autre passage, que c'est par l'entonnoir que les Poulpes mâles introduisent leur bras copulateur dans le corps des femelles, et cela est certain, puisque

l'on trouve habituellement ce bras engagé dans l'entonnoir des femelles, lorsqu'il s'est détaché du corps des mâles.

Je termine par ce qui est relatif à la coquille. Aristote, imité en ce point par tous les auteurs qui lui ont succédé, considère comme méritant ce nom la charmante enveloppe calcaire des Argonautes ; mais il ne donne pas la même signification aux pièces solides placées dans le dos des Sèches (σηπίον), et dans celui des Calmars (ξίφος). Ces dernières sont comparées par lui aux parties dures des animaux vertébrés, parce qu'elles sont internes au lieu d'être externes, comme cela a lieu dans les trois autres classes qu'il admet parmi les animaux sans vertèbres, savoir : les Crustacés, les Testacés et les Insectes. On sait aujourd'hui que les sépiostaires des Sèches et que les plumes ou glaives des Calmars sont les véritables coquilles de ces animaux, et j'admettrai que l'esquif des Argonautes, esquif d'ailleurs particulier aux seules femelles de ce genre de Poulpes, est une sorte de nid calcaire sécrété par les bras de la paire supérieure, mais point une coquille, dans le sens anatomique de ce mot. Ainsi se trouverait résolu, en partie du moins, le difficile problème des rapports de l'Argonaute avec sa coquille, comme l'est celui de la fécondation dans ce genre de Mollusques au sujet duquel il s'est élevé tant de contestations parmi les zoologistes, depuis Aristote jusqu'aux écrivains les plus modernes.

SUR

Le Grand Calmar de la Méditerranée,

Par M. Paul GERVAIS.

Aristote appelle *Teuthos* (Τεῦθος) un Céphalopode de la Méditerranée long, dit-il, de cinq coudées (2m,310), et qui rentre, avec son *Teuthis* (Τευθίς), dans la division des animaux de cette mer que l'on réunit aujourd'hui sous la dénomination commune de *Calmars*. Les naturalistes n'ont pas encore signalé, dans la Méditerranée, de Calmars tout à fait aussi grands que le *Teuthos*, mais ils en citent dont la taille n'était inférieure que d'un cinquième environ à celle indiquée par Aristote. M. Vérany, qui a écrit une histoire des Céphalopodes de la même mer, parle d'un de ces Mollusques, appartenant au groupe des Calmars, qui avait 1m,655 de longueur totale (corps et bras tentaculaires) et pesait 12 kilogrammes. Enfin, on possède au musée de Trieste le corps d'un animal analogue, trouvé en Dalmatie sur le bord de la mer, et que M. Steenstrup considère comme appartenant à la même espèce que les exemplaires précédents. Un autre Calmar de grande taille (1m,830) a été pris en mer par les pêcheurs de Cette, il y a une vingtaine d'années, et fait depuis lors partie des collections de la Faculté des Sciences de Montpellier.

Il y a trois ans, M. Steenstrup, qui était venu dans cette ville pour y étudier notre collection paléontologique, a fait avec moi un examen attentif de ce grand Céphalopode. Il y a reconnu l'espèce décrite par lui-même sous le nom d'*Ommastrephes pteropus*, laquelle se rapproche, par la plupart de ses caractères, de l'*Ommastrephes Bartrami*, précédemment signalé dans l'Océan Atlantique, ainsi que dans la Méditerranée. M. Steenstrup et moi avions même rédigé, au sujet du Calmar de Cette, une Note que d'autres travaux nous ont fait perdre de vue et qui est restée inédite. J'y aurai recours pour la description qui suit.

Le grand Calmar dont il s'agit présente les caractères des *Ommastrephes Bartrami* et *pteropus*, et plus particulièrement ceux de la seconde de ces espèces. C'est la même forme générale, sauf un peu plus de largeur du manteau. Les mâchoires et la membrane qui les entoure, les tentacules et leurs ventouses, la nageoire, etc., sont aussi parfaitement semblables, et l'on voit même au bras de la troisième paire la membrane véliforme qui a valu à la deuxième espèce le nom de *Pteropus*. Les dimensions sont les suivantes :

Bras de la première paire.....	0m,300.
Bras des trois autres paires.....	0m,380 à 0m,390.
Bras tentaculaires.....	0m,810.
Tête et corps.....	1m,010.
Plus grande largeur de la nageoire.....	0m,350.
Bord supérieur de la nageoire.....	0m,250.
Bord inférieur de la nageoire.....	0m,325.
Longueur de l'osselet dorsal.....	0m,600.

Ainsi, le corps et les bras tentaculaires donnent ensemble une longueur de 1m,830.

L'exemplaire type de l'*Ommastrephes pteropus*, qui est aussi fort grand, a fait partie de la collection de feu M. Eschricht; il appartient maintenant au musée royal de Copenhague. M. Steenstrup l'a décrit comme rapporté de Saint-Thomas des Antilles, et il a fait connaître en même temps un autre Céphalopode qu'il a donné, d'après l'étiquette qui l'accompagnait, comme recueilli autrefois à Marseille par M. Eschricht lui-même; c'est son *Dosidicus Eschrichtii*.

Toutefois, comme les observations faites depuis lors sur les Céphalopodes de la Méditerranée, et elles sont aussi nombreuses qu'intéressantes, n'ont point fait retrouver le *Dosidicus* dans cette mer, MM. Steenstrup et Eschricht sont aujourd'hui très-disposés à penser qu'il y a eu transposition dans les indications dont on avait accompagné les vases renfermant les deux curieux Mollusques dont je viens de parler et je suis entièrement de leur avis à cet égard. S'il en est réellement ainsi, ce serait le *Dosidicus* et non l'*Ommastrephes pteropus* du musée de Copenhague qui aurait été envoyé de Saint-Thomas, et le grand *Ommastrephes* du même musée devra être considéré comme le cinquième exemplaire connu du *Teuthos* d'Aristote.

TABLEAU

D'UNE CLASSIFICATION GÉNÉRALE

DES ANIMAUX,

Par M. Paul GERVAIS.

Dans plusieurs des publications que j'ai consacrées à l'histoire des Animaux, j'ai constamment essayé de résoudre les problèmes relatifs à la classification naturelle des divers groupes que ces publications avaient pour objet de mieux faire connaître, et, à différentes reprises, je me suis aussi occupé du Règne animal envisagé dans son ensemble, de manière à établir, autant que cela m'était possible, la subordination des groupes qui le constituent et à saisir leurs affinités respectives. Mes premiers résultats relatifs à la classification zoologique, envisagée dans son ensemble, ont paru dans un ouvrage encyclopédique publié en 1842[1]. Depuis lors, j'ai aussi abordé le même sujet dans le *Traité de Zoologie médicale* que j'ai rédigé en commun avec mon savant ami M. Van Beneden[2].

La classification dont je donne aujourd'hui le résumé est celle que j'expose depuis plusieurs années dans mes cours, à la Faculté des sciences de Montpellier. Les Animaux y sont partagés en six types ou embranchements comprenant chacun plusieurs classes, dont on trouvera la répartition en

---

[1] *Un million de faits*, Aide mémoire universel des sciences, des arts et des lettres; in-12. Paris, 1842.

[2] *Zoologie médicale*. Exposé méthodique du Règne animal basé sur l'anatomie, l'embryogénie et la paléontologie, comprenant la description des espèces employées en médecine, de celles qui sont vénéneuses et de celles qui sont parasites de l'homme et des animaux; 2 vol. in-8°. Paris, 1859.

ordres, familles principales et genres de quelque importance, dans le Traité que je viens de rappeler. Voici le tableau de cette classification :

I. VERTÉBRÉS.

a) Allantoïdiens : 1. *Mammifères* (Placentaires, Marsupiaux et Monotrèmes); 2. *Oiseaux;* 3. *Reptiles* (Chélono-champsiens et Saurophidiens).

b) Anallantoïdiens : 4. *Batraciens;* 5. *Poissons* (Plagiostomes, Ganoïdes, Téléostéens et Cyclostomes).

II. ARTICULÉS.

a) Condylopodes : 1. *Insectes;* 2. *Myriapodes;* 3. *Arachnides;* 4. *Crustacés* (Xyphosures, Podophthalmes, Édriophthalmes, Branchiopodes, Entomostracés, Lernéides, Cirrhipèdes, Linguatules et Myzostomes); 5. *Rotateurs.*

b) Vers : 6. *Chétopodes;* 7. *Géphyriens;* 8. *Cotylides* (Polypodes, Hirudinées, Trématodes et Cestoïdes); 9. *Turbellariés.*

III. MOLLUSQUES.

1. *Céphalopodes* (Dibranches et Tétrabranches); 2. *Céphalidiens* (Gastéropodes, Hétéropodes et Ptéropodes); 3. *Acéphales* (Lamellibranches, Brachiopodes, Tuniciers et Bryozoaires).

IV. ÉCHINODERMES.

1. *Échinides;* 2. *Stellérides;* 3. *Holothurides.*

V. POLYPES.

1. *Cténophores;* 2. *Discophores* (Siphonophores, Médusaires, Sertulaires, Hydraires); 3. *Zoanthaires;* 4. *Cténocères;* 5. *Spongiaires.*

VI. PROTOZOAIRES.

1. *Infusoires;* 2. *Foraminifères;* 3. *Noctiluques;* 4. *Radiolaires;* 5. *Actinophrys;* 6. *Grégarines;* 7. *Amibes.*

DU

REFROIDISSEMENT NOCTURNE

de la tranche superficielle du sol

COMPARÉ A CELUI DE LA COUCHE D'AIR EN CONTACT AVEC LA TERRE,

Par M. Charles MARTINS.

M. le professeur Marcet a communiqué le 7 novembre 1861 à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève[1] des remarques à propos du mémoire que j'ai publié sur l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur[2]. L'auteur veut bien insister sur l'accord très-satisfaisant qui règne entre les résultats de Montpellier et ceux qu'il avait obtenus vingt-trois ans auparavant à Genève[3]. Je m'étais félicité moi-même d'avoir confirmé les lois que mon vénéré maître M.-A. Pictet a le premier signalées[4] et que M. Marcet a vérifiées dans le pays même où elles avaient été reconnues. Il est un seul point sur lequel j'ai regret de me trouver en désaccord avec M. Marcet. J'ai dit que dans la nuit la température de la surface du sol était supérieure à celle de la couche d'air en contact avec lui. M. Marcet affirme le contraire. Le désaccord est plus apparent que réel. Par surface du sol, je n'entends pas la surface mathématique ou le plan de séparation de l'air et du

[1] *Bibliothèque universelle, Archives*, tom. XII, pag. 267; 1861.

[2] *Mémoires de l'Académie de Montpellier* (section des sciences), tom. V, pag. 47; 1861.

[3] *Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, tom. VIII; 1838.

[4] *Essai sur le feu*, pag. 179; 1790.

sol, mais bien la tranche la plus superficielle du sol dont l'épaisseur est peu supérieure au diamètre de la boule des thermomètres employés dans mes expériences: cette tranche avait deux centimètres d'épaisseur, le diamètre des boules dans mes thermomètres étant de $0^m,015$. C'est la température de cette tranche superficielle du sol que je voulais connaître, parce qu'elle intéresse la physiologie végétale. Je ne crois pas d'ailleurs qu'il soit possible, dans l'état actuel de la physique, de mesurer la température de la surface même du sol. En effet, lorsque M. Marcet couche un thermomètre sur le sol, ce thermomètre ne touche la terre que par une petite portion de sa surface; la majeure partie de cette surface est entourée d'air. Ce thermomètre ne donne donc et ne peut donner qu'une espèce de moyenne entre la température de la couche d'air la plus inférieure et la surface du sol. Dans cette moyenne, c'est la température de l'air qui domine, car c'est bien lui qui baigne la surface la plus grande de la cuvette thermométrique. Les thermomètres à cuvette lenticulaire que j'ai vus chez M. Walferdin indiqueraient une moyenne plus approchée entre l'air et la surface du sol. En effet, par l'une de leurs faces, ils seraient en contact avec la terre, tandis que l'autre serait baignée par l'air. Le thermomètre de M. Marcet, dont le réservoir était sphérique, car il lui donne le nom de boule, accusait au contraire, quand il était couché sur le sol, une température peu différente de celle de l'air en contact avec la surface de la terre : or, d'après ses expériences et les miennes, cette couche d'air est plus froide que toutes celles qui lui sont superposées. Appelant cette température, *température de la surface du sol*, M. Marcet a dû la trouver presque toujours inférieure à celle de l'air, qui est à cinq centimètres au-dessus.

Pour mettre ces faits hors de doute, j'ai repris cet hiver mes expériences dans le Jardin des Plantes de Montpellier sous la forme suivante: J'ai choisi trois thermomètres à minima aussi semblables que possible et comparés avec soin.

La boule du premier était logée dans la tranche la plus superficielle du sol, ayant deux centimètres d'épaisseur.

Le second était couché à la surface du sol.

Le troisième était posé sur deux petits chevalets en bois, à cinq centimètres au-dessus de la surface du sol.

Voici les minima moyens de dix-huit nuits très-sereines de janvier et de février 1862, indiqués par ces thermomètres :

Thermomètre dans la tranche superficielle du sol....	— 5°,15
Thermomètre couché à la surface du sol.....	— 6°,05
Thermomètre à 0°,05 au-dessus du sol...	— 6°,01

Ces résultats sont d'accord avec ceux que j'avais obtenus précédemment. La tranche la plus superficielle du sol est *plus chaude* que l'air avec lequel elle se trouve en contact. Le thermomètre couché à la surface du sol accuse une température plus basse que celle du sol, mais sensiblement égale à celle d'un thermomètre libre, et à cinq centimètres au-dessus: la différence n'est que de 0°,04.

M. Marcet soupçonne que la température plus élevée de mon thermomètre dans le sol était due à la légère couche de terre qui le recouvrait et qui devait diminuer son rayonnement nocturne. Pour savoir si cet effet était réel, j'ai placé sur de petits chevalets trois thermomètres à minima. Leur boule était élevée de cinq centimètres au-dessus du sol; mais celle du premier était nue; celle du deuxième enduite d'une légère couche de terre du Jardin; la boule du troisième était enduite d'une suie de cheminée que j'avais fait adhérer, ainsi que la terre, au moyen d'une couche de gomme.

Voici les minima moyens de sept nuits parfaitement sereines du mois de mars 1862 :

Thermomètre nu..... ...	— 4°,25
Thermomètre enduit de suie.....	— 4°,28
Thermomètre enduit de terre.....	— 4°,34

Les trois thermomètres accusent, comme on le voit, sensiblement la même température, quoique leurs pouvoirs rayonnants soient fort différents. En effet, la physique nous apprend que ce pouvoir rayonnant est proportionnel au pouvoir absorbant; or, pour expérimenter directement le pouvoir absorbant de mes thermomètres pour la chaleur solaire, il m'a suffi de les observer sans les changer de place entre dix heures et midi, lorsqu'ils étaient en plein soleil. Alors, en effet, ils étaient tous également soumis à deux sources calorifiques, les rayons directs du soleil et la réflexion de la chaleur par le

sol. L'ordre du réchauffement était le suivant, d'après des chiffres qui sont la moyenne de dix jours d'observation :

Thermomètre enduit de suie...	33°,38
Thermomètre enduit de terre.....	30°,29
Thermomètre nu.....	28°,49

Cet ordre est celui que la physique permettait de prévoir. Cependant le thermomètre nu, qui absorbe le moins la chaleur solaire, accusait pendant les nuits sereines un minimum un peu inférieur à celui des deux autres instruments dont les boules étaient enduites de terre et de suie. Le degré de refroidissement d'un thermomètre pendant la nuit n'est donc pas uniquement dû au contact de l'air et au rayonnement vers le zénith ; car, s'il en était ainsi, c'est le thermomètre enduit de suie qui se refroidirait le plus, puis celui enduit de terre, et enfin celui dont la boule est nue. Si les choses se passent autrement, c'est que les thermomètres placés à cinq centimètres du sol sont soumis à deux influences calorifiques inverses : le rayonnement vers le zénith qui les refroidit, l'absorption de la chaleur émise par la terre qui les réchauffe. Le thermomètre qui rayonne le mieux étant aussi celui qui absorbe le plus, il en résulte une compensation en vertu de laquelle les thermomètres nus et ceux enduits de terre ou de suie accusent des minima qui ne diffèrent pas entre eux d'un dixième de degré, comme nous l'avons vu plus haut.

Pour mettre hors de doute l'action réchauffante de la surface du sol, qui pendant la nuit rayonne de la chaleur vers les thermomètres placés à $0^m,05$ au-dessus d'elle, j'ai noté à la suite de dix nuits sereines d'avril les minima indiqués par quatre thermomètres nus ou enduits de terre élevés de $0^m,05$; deux étaient au-dessus du sol naturel, tandis que les deux autres en étaient séparés par une plaque de fer-blanc bien brillante couchée sur le sol. Cette plaque absorbant par conductibilité la chaleur de la terre sur laquelle elle reposait, il est clair que les deux thermomètres placés au-dessus d'elle étaient soustraits à l'action du rayonnement terrestre, ils n'étaient plus réchauffés par le sol et devaient se tenir plus bas que les deux autres ; c'est ce que montre le tableau suivant, qui résume ces observations faites pendant ces dix nuits sereines :

MINIMA MOYENS DE LA NUIT.

Thermomètres au-dessus du sol naturel.		*Thermomètres au-dessus d'une plaque de fer-blanc.*	
Thermomètre nu.....	2°, 44	Thermomètre nu.....	1°, 56
— enduit de terre.....	3°, 25	— enduit de terre....	2°, 60

La différence moyenne de 0°, 81 entre les deux thermomètres exposés au rayonnement calorifique du sol et ceux qui ont été soustraits à ce rayonnement, est l'expression de la chaleur émise par le sol, qui atténue les effets du rayonnement zénithal et de la température propre de l'air.

Je crois donc avoir établi expérimentalement les faits suivants :

1° Pendant la nuit, la tranche superficielle du sol se refroidit moins que la couche d'air en contact avec elle.

2° L'émission de chaleur de cette tranche superficielle réchauffe les corps placés au-dessus d'elle à une faible hauteur.

Cet excès de chaleur de la tranche superficielle du sol, comparée à la couche d'air en contact avec lui, s'explique aisément ; en effet, la chaleur solaire qui frappe le sol pendant la journée pénètre dans son intérieur avec une vitesse d'environ un décimètre en trois heures ; la chaleur de la journée s'emmagasine donc dans le sol et compense en partie les pertes dues au rayonnement nocturne ; aussi, l'excès de la température du sol sur celle de l'air au contact est-il plus grand en été qu'en hiver, comme je l'ai prouvé par le tableau qui se trouve à la page 134 du mémoire déjà cité sur l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur.

DU

Refroidissement nocturne et de l'Échauffement diurne

PENDANT L'HIVER DE MONTPELLIER

DES DIVERSES ESPÈCES DE TERRES CULTIVÉES ;

Par M. Charles MARTINS.

Dans le nord de l'Europe, la terre se couvre en hiver d'une couche de neige plus ou moins épaisse. Sous ce manteau protecteur, les racines des végétaux et les graines que la nature ou l'homme ont semées en automne, échappent aux variations de la chaleur atmosphérique. Mais les températures inférieures à celle de la glace fondante pénètrent peu à peu à travers la couche de neige, tandis que les températures supérieures à zéro s'arrêtent à la surface, passent à l'état de chaleur latente, en fondant une épaisseur de neige correspondante à l'excès de la température au-dessus de zéro, à l'agitation et à l'humidité de l'air.

Il en résulte que la température de la tranche superficielle du sol se rapproche peu à peu de la moyenne atmosphérique, et le sol gèle plus ou moins fortement et plus ou moins profondément suivant que la moyenne de l'hiver est plus ou moins au-dessous de zéro. Ce que nous disons là s'applique spécialement aux pays de l'Europe situés au-delà du 52e degré de latitude.

Dans les régions moyennes de l'Europe, dans la France septentrionale, par exemple, le sol est tantôt nu, tantôt couvert de neige ; on ne saurait donc

indiquer d'une manière générale comment il se comporte relativement à l'air. Mais à Montpellier, en pleine France méditerranéenne, où la neige est si rare, il était curieux d'étudier ces relations et de savoir quelles sont les alternatives des températures du sol comparées à celles de l'air pendant les temps froids. En hiver, lorsque règne le vent de N.-N-O. ou mistral, qui souffle habituellement par le beau temps, le ciel est parfaitement serein, et l'air, échauffé par le soleil, fort doux pendant le jour. Mais la nuit, la pureté de l'atmosphère favorise le rayonnement terrestre, et le thermomètre exposé à l'air libre descend souvent à — 4° et — 6°, quelquefois à — 8°, — 10° et même — 12°; mais lorsque le soleil se lève de nouveau sur un horizon sans nuages, il réchauffe l'air, dont la température atteint toujours vers le milieu du jour 10°, quelquefois même 15° à l'ombre. Tandis que les parties aériennes des plantes sont soumises à ces grandes variations qui se font sentir jusque dans le centre des tiges et des troncs, que se passe-t-il pour les parties souterraines et pour les graines enfouies dans le sol? C'est ce que je me propose d'étudier. Comme les différentes espèces de terres employées en horticulture doivent nécessairement se refroidir et s'échauffer inégalement, j'ai voulu faire des essais comparatifs sur celles qui sont le plus en usage.

Les terres sur lesquelles j'ai opéré sont :

1° Un sable calcaire blanc très-fin, appelé à Montpellier sable de la Pompignane.

2° De la terre de bruyère siliceuse, provenant de La Salle dans les Cévennes.

3° De la terre de feuilles, résultat de la décomposition des feuilles et des tiges herbacées de divers végétaux.

4° De la terre rouge ou terre argileuse, colorée par l'hydroxide de fer.

5° La terre du Jardin de Montpellier, dont le sol est du sable calcaire pur, blanchâtre, peu riche en matières organiques.

6° Du sable calcaire jaune provenant du faubourg Saint-Dominique.

7° Du terreau composé de 2/5 de terre de feuilles, 1/5 de terre rouge, 1/5 de fumier de cheval, 1/5 de crotin de mouton.

8° De la terre de saule, c'est-à-dire un humus provenant de la décomposition du bois des saules creux.

Pour étudier les variations de la température près de la surface, j'ai fait

creuser dans une banquette du Jardin huit trous que j'ai remplis des diverses espèces de terres énumérées précédemment. Chacune de ces espèces de terres formait un parallélipipède dont la surface supérieure avait 25 décimètres carrés et dont l'épaisseur était de 2 décimètres. Ces surfaces ne dépassaient pas le niveau du terrain environnant. J'avais couché sur ces huit carrés autant de thermomètres à alcool et à index : leur boule, enfoncée dans le sol, était recouverte d'une légère couche de terre de quelques millimètres d'épaisseur. Le diamètre de ces boules étant de 2 centimètres, il en résulte qu'elles occupaient la tranche superficielle du sol de même épaisseur, le centre de la boule correspondant à peu près à la profondeur de 1 centimètre. La tige était enterrée jusqu'au point zéro. Les expériences ont été faites en décembre 1855, janvier et février 1859.

REFROIDISSEMENT DE LA TRANCHE SUPERFICIELLE DU SOL PENDANT LA NUIT.

1° *Près de la surface.*

Les index des thermomètres à minima étant disposés convenablement la veille au soir, je notais, le lendemain matin, les positions des index qui marquaient les températures minima de la nuit. Dans le tableau suivant, les terres sont rangées suivant l'ordre de leur refroidissement nocturne. Ces nombres représentent chacun le minimum moyen de treize nuits d'observation :

Refroidissement nocturne moyen des différentes espèces de terres.

Terre de saule	— 1°,60
Terre argileuse rouge	— 1°,46
Sable calcaire blanc	— 1°,45
Terre de feuilles	— 1°,40
Terre de bruyère	— 1°,32
Terreau	— 1°,25
Sable jaune	— 1°,22
Terre du Jardin	— 0°,60
Moyenne	— 1°,29

On voit que les terres se refroidissent inégalement : entre celles que nous avons observées, la différence maximum s'élève à 1°,00. La différence n'est

pas grande, mais elle mérite d'être prise en considération, car un degré de différence c'est la mort ou la vie d'une graine.

2° *A* 0m,05 *de profondeur.*

Les graines qui sont plus profondément enfouies dans la terre sont mieux protégées contre le froid. Je m'en suis assuré au moyen de plusieurs thermomètres minima, que j'avais fait couder de façon que leur cuvette fût à 0m,05 au-dessous de la surface du sol, tandis que la partie graduée était à découvert. Le petit tableau suivant donne une idée de ces différences :

Températures minima moyennes pendant la nuit.

	SURFACE.	A 0m,05	DIFFÉRENCES.
	°	°	°
Terreau.....	3,2	4,6	1,4
Terre du jardin.....	0,7	2,2	1,5
Sable jaune.....	— 1,8	0,8	2,6
Terre rouge..... ...	2,2	5,2	3,0
Terre de bruyère.....	— 2,3	0,8	3,1
Terre de saule.....	— 2,8	0,8	3,6
Moyennes.....	— 0,13	2,40	2,53

On voit que le froid nocturne ne pénètre pas dans les différentes espèces de terres avec une égale rapidité : ainsi, la terre de saule, celle de toutes qui se refroidit le plus à la surface, comme on peut le voir sur le tableau précédent, est celle de toutes où le froid nocturne se propage le plus lentement, puisque la différence entre la température de la tranche superficielle et celle à 0m,05 est plus forte que dans toutes les autres espèces de terres. Je ne m'en étonne pas, puisque cette terre se compose de fragments de bois pourri entre lesquels l'air s'interpose ; or, on sait que le bois et l'air sont deux corps très-mauvais conducteurs de la chaleur. La terre de bruyère est dans des conditions semblables. On s'explique moins bien pourquoi la terre

argileuse rouge est mauvaise conductrice de la chaleur, et pourquoi la terre de jardin et le terreau sont bons conducteurs ; mais en comparant ce tableau avec le précédent, on peut dire, d'une manière générale, que le froid nocturne pénètre moins vite dans les terres qui se refroidissent le plus à la surface, et *vice versâ*. Il est évident que cette combinaison est favorable à la préservation des graines et des racines enfoncées dans le sol.

Températures du sol à 0m,10 et 0m,30 de profondeur.

On a vu que les différentes espèces de terres examinées dans ce travail se comportent différemment par rapport au froid nocturne, depuis la surface jusqu'à la profondeur 0m,05. C'est la zone dans laquelle se trouvent les graines et les racines des plantes annuelles ; mais les végétaux vivaces, les arbustes et surtout les arbres enfoncent leurs racines beaucoup plus profondément. Depuis cinq ans, un jardinier, M. Roudier, observe sous ma direction deux thermomètres enfoncés dans le sol, le premier à la profondeur de 0m,10, le second à celle de 0m,30. Le tableau suivant donne, pour les trois mois des cinq hivers de 1859 à 1863, les minima absolus ou extrêmes à la profondeur de 0m,10 et de 0m,30. J'ai placé en regard les minima absolus de l'air à 1m,50 du sol correspondant à ces minima.

Minima absolus de l'air à 1m,50 au-dessus du sol et à 0m,10 et 0m,30 de profondeur.

HIVERS.	Décembre 1858, 59, 60, 61, 62.			Janvier 1859, 60, 61, 62, 63.			Février 1859, 60, 61, 62, 63.		
	AIR	SOL		AIR	SOL		AIR	SOL	
	à 1m,50	à 0m,10	à 0m,30	à 1m,50	à 0m,10	à 0m,30	à 1m,50	à 0m,10	à 0m,30
1859	— 5,1	2,0	»	— 8,2	0,5	»	— 7,1	1,7	»
1860	—11,1	—0,1	2,2	— 4,2	2,7	4,8	— 9,9	—0,3	2,0
1861	— 5,2	0,9	3,5	— 7,1	0,2	3,0	— 4,1	2,1	5,4
1862	— 5,2	0,6	4,2	—10,3	—1,5	2,3	—10,3	—0,9	2,8
1863	— 3,6	0,1	3,7	— 3,8	1,1	4,7	— 4,1	0,9	5,3

Un coup d'œil jeté sur ce tableau montre que, pendant ces cinq hivers, la température de l'air au Jardin des Plantes est descendue notablement

au-dessous de zéro : ainsi, en 1859 à — 8°,2 ; en 1860 à — 11,1 ; en 1861 à — 7, 1 ; en 1862 à — 10°, 3 ; en 1863 à — 4°, 1 ; mais ces froids nocturnes, compensés par la chaleur solaire pendant le jour, se sont, pour ainsi dire, arrêtés à la surface ; car les minima correspondants du sol à 0m,10 ont été : en 1859 0°,5 ; en 1860 — 0°,3 ; en 1861 0°,9 ; en 1862 — 0°,9 ; en 1863 0°,1. En moyenne, la température minimum à la profondeur de 0m,10 a toujours été supérieure de 7°,2 à la température de l'air observée à 1m,50 au-dessus du sol.

Une graine, une racine délicate, n'ont donc été soumises à cette profondeur qu'à des gelées très-faibles et de courte durée. Le tableau montre également que jamais la gelée n'a pénétré à 0m,30 ; le degré le plus bas constaté en quatre années a été 2°,0. La différence moyenne entre la température minimum de l'air et celle du sol à cette profondeur, s'élève à 10°,0.

Un cas particulier va mettre en évidence le contraste qui existe sous ce point de vue entre les régions orientale et méditerranéenne de la France. Je choisis le mois de février 1860, et je compare les observations thermométriques faites à Montpellier et à la Ferme-École de La Saulsaie (Ain), par M. Pouriau et ses élèves[1]. Ce mois fut très-froid dans les deux localités : à La Saulsaie, les minima thermométriques se tinrent au-dessous de zéro pendant vingt-six jours. La moyenne des minima de l'air, expression du froid, fut — 4°,28 ; le minimum extrême — 9°,0 ; le maximum moyen 0°,80, et le maximum extrême 6°,5. La terre était couverte d'une épaisse couche de neige. — A Montpellier, il y eut vingt-quatre jours de gelée ; seulement deux de moins qu'à La Saulsaie. La moyenne des minima fut de — 3°,44 ; le minimum extrême — 9°,9 ; mais le maximum moyen a été de 9°,30, c'est-à-dire supérieur de 8°,50 à celui de La Saulsaie, et le 29 février le thermomètre a marqué 19°,0 à l'ombre. Voyons l'influence de ces deux régimes météorologiques sur les températures du sol. A La Saulsaie, la gelée pénètre à la profondeur de 0m,25, où le thermomètre descend à — 0°,2 malgré la couverture de neige qui protégeait le sol. A Montpellier, on observe — 0°,3, mais à la profondeur de 0m,10 seulement. A La Saulsaie, à 0m,40 la gelée ne se fait pas sentir, car le thermomètre ne descend pas au-dessous de 0°,3 ; mais

[1] Observations météorologiques. (*Annales de la Société d'agriculture de Lyon*, 1859.)

à Montpellier, à la profondeur moindre de 0m,30 il se maintient à 2°,0. Je constate donc que, malgré l'absence d'une épaisse couche de neige, des froids atmosphériques de même durée et très-sensiblement de même intensité (— 4°,28 et —.3°,44) ont pénétré beaucoup moins dans le sol à Montpellier qu'à La Saulsaie.

L'écart des maxima moyens de l'air 0°,8 et 9°,30 nous explique parfaitement ces différences et nous fait comprendre pourquoi, avec des nuits également froides, les gelées sont moins à craindre dans le Midi que dans le Nord. La chaleur du jour remplace, et au-delà, l'effet préservatif de la neige.

Tous les agriculteurs du Nord savent combien son absence est préjudiciable aux semences d'automne. Dans le Midi, celles-ci, avec des froids égaux, n'ont rien à craindre; la chaleur du jour annihile les effets de la gelée nocturne.

Pour Bruxelles, M. Quetelet[1], opérant sur les six années comprises entre 1836 et 1842, a cru pouvoir établir les deux lois suivantes :

1° Quand les gelées ont pénétré à l'intérieur de la terre, elles n'avaient pas duré moins de huit jours, et le thermomètre minima s'était abaissé à — 11°.

2° A Bruxelles, les fortes gelées ne descendent guère plus bas qu'un demi-mètre. A Montpellier, leur limite habituelle est à 0m,15 environ de profondeur.

Ainsi donc, déjà à 0m,30 de profondeur, les racines des plantes qui passent l'hiver en plein air à Montpellier, trouvent toujours une température supérieure à zéro. Cette chaleur géothermique, jointe au froid aérien intermittent, nous explique pourquoi certains arbres qui ne résistent pas aux hivers de Paris, résistent très-bien à ceux de Montpellier. A Paris, les froids sont plus continus; chaque nuit froide n'est pas suivie d'un jour de soleil; la gelée pénètre dans le sol, où elle atteint les racines des végétaux délicats et entraîne leur perte radicale.

---

[1] *Le climat de la Belgique*, tom. I, pag. 187.

RÉCHAUFFEMENT DE LA TRANCHE SUPERFICIELLE DU SOL PENDANT LE JOUR.

1° *Près de la surface.*

Pour me faire une idée du réchauffement relatif des différentes espèces de terres, j'ai observé les mêmes thermomètres à index qui m'avaient donné les minima de la nuit à différentes heures de la journée, entre 11 heures du matin, où le sol commence à s'échauffer notablement, et 3 heures, heure après laquelle il ne gagne plus rien pendant l'hiver. Voici le tableau du réchauffement des différentes espèces de terres :

Réchauffement relatif moyen des différentes espèces de terres près de la surface.

Terre rouge	17,87
Terre du Jardin	17,57
Terre de bruyère	17,08
Terreau	16,92
Terre de saule	16,87
Terre de feuilles	16,26
Sable blanc	16,16
Sable jaune	16,04
Moyenne	16,85

Cet ordre n'est point celui du refroidissement [1], et la comparaison de ces deux tableaux montre que les pouvoirs émissif et absorbant des terres ne sont pas les seuls éléments qui déterminent leur refroidissement et aussi leur réchauffement. La conductibilité des terres pour la chaleur, leur hygroscopicité, l'évaporation plus ou moins forte qui en est la conséquence, compliquent les résultats et ne permettent pas de les prévoir. Cependant je ferai observer que la terre argileuse rouge est une de celles qui se refroidissent et se réchauffent en même temps le plus à la surface ; celle du Jardin de Montpellier aurait la propriété de se refroidir le moins et de se réchauffer beaucoup. Le sable jaune est celui qui présente l'oscillation de température la plus faible, et la terre de saule, qui se refroidit beaucoup, se réchauffe médiocrement. L'écart entre

[1] Voyez le Tableau, pag. 369.

les deux terres extrêmes s'élève à 1°,83 pour le réchauffement; il n'était que d'un degré pour le refroidissement.

Pendant la nuit, le minimum moyen de l'air, à 1m,50 au-dessus du sol, était de 1°,31 *au-dessus* du minimum moyen — 1°,29 des terres observées. La température moyenne du sol réchauffé (16°,85) diffère très-peu de celle de l'air prise au moment de l'observation, celle-ci étant de 16°,66. Ainsi, quand elle se refroidit, la surface du sol, en vertu de son rayonnement propre, tombe au-dessous de la température de l'air; mais quand le sol se réchauffe, il réchauffe en même temps l'air en réfléchissant une partie des rayons solaires; aussi, dans mes observations, c'est tantôt la terre qui est un peu plus chaude que l'air, tantôt c'est l'inverse, et en somme les effets se balancent et s'égalisent dans la moyenne.

2° *Réchauffement à la profondeur de* 0m,05.

Pendant la nuit, au moment du minimum de l'air, qui presque toujours a lieu un peu avant le lever du soleil, la surface du sol est, comme nous l'avons vu, également à son minimum de température; mais dès que la terre est frappée des premiers rayons du soleil, elle commence à se réchauffer, et sa chaleur augmente en général jusque dans l'après-midi. Pendant ce temps-là, le froid nocturne de la surface pénètre par conductibilité dans l'intérieur du sol, avec une vitesse qu'on peut estimer environ à un décimètre en trois heures [1]. Elle est donc de une heure et demie pour la profondeur de 0m,05. Il en résulte que déjà avant le milieu de la journée, la chaleur est moins forte à 0m,05 que près de la surface. En effet, tandis que l'onde frigorifique pénètre dans le sol, celui-ci s'échauffe incessamment à la surface par l'action des rayons solaires; mais la différence n'est jamais très-grande, car l'effet de cette onde frigorifique est atténué à mesure qu'elle pénètre dans la terre par les ondes calorifiques, emmagasinées dans le sol pendant les jours précédents. Sur les vingt-quatre observations que j'ai faites, je n'en trouve que trois où la température ait été plus élevée à 0m,05 qu'à la surface. Dans toutes les autres, le sol, entre 11 heures du matin et 3 heures de l'après-

[1] Voyez Quételet; *Climat de la Belgique*, tom. I, pag. 153.

midi, est plus chaud près de la surface qu'à 0m,05 de profondeur. Le tableau suivant donne la différence de température pour six espèces de terres. Ces chiffres expriment de combien de degrés le sol est plus chaud près de la surface qu'à 0m,05 de profondeur :

Excès thermique de la surface du sol sur la couche à 0m,05, pendant la période de réchauffement.

Terre rouge	2°,28
Terreau	3°,78
Sable jaune	3°,93
Terre du Jardin	4°,82
Terre de bruyère	5°,78
Terre de saule	5°,80
Moyenne	4°,40

La terre rouge, bonne conductrice de la chaleur solaire, est celle où la différence de température entre la surface et à la profondeur de 0m,05 est la moindre. Les terres de saule et de bruyère, mauvaises conductrices, sont celles où la différence est la plus grande. Les trois autres sont intercalées entre ces extrêmes.

RÉSUMÉ.

Cherchons à résumer ce que les expériences précédentes nous ont appris sur le refroidissement nocturne relatif des terres, et sur leur réchauffement diurne près de la surface et à la profondeur de 0m,05. J'examine d'abord les terres naturelles des environs de Montpellier, savoir : la terre du Jardin des Plantes, le sable jaune du faubourg Saint-Dominique, le sable blanc de la Pompignane et la terre argileuse rouge. Cette dernière est celle dont la surface se refroidit et se réchauffe le plus. Le froid nocturne dû au rayonnement ne se propage pas très-bien en profondeur dans cette espèce de terre (Tableau, pag. 370), la chaleur solaire, au contraire, y pénètre facilement, comme le prouve la petitesse de l'excès thermique (2°,28) à la superficie du sol sur la température à 0m,05 de profondeur. Cette espèce de terre recouvre les collines des environs de Montpellier qui sont plantées en vignes et en oliviers, et l'on conçoit que cette double propriété soit favorable à ces végétaux, dont les

racines pénètrent profondément dans le sol et sont peu affectées par les variations de la surface ; aussi est-il sans exemple sur ces collines que des oliviers aient péri en entier: la souche ne meurt jamais, et l'arbre repousse toujours du pied.

La terre du Jardin des Plantes a la propriété d'être celle de toutes qui, en moyenne, se refroidit le moins près de la surface (Tableau, pag. 369), grande qualité pour la conservation des graines de plantes annuelles. Après la terre rouge, c'est celle qui se réchauffe le plus, mais le froid nocturne s'y propage beaucoup plus vite en profondeur et la chaleur solaire y pénètre moins vite que dans la terre rouge. On voit combien ces deux espèces de terres se comportent différemment par rapport au froid nocturne et à la chaleur solaire.

La surface du sable calcaire blanc se refroidit presque autant que la terre argileuse, mais se réchauffe beaucoup moins. Je n'ai pas expérimenté la vitesse de propagation du froid pendant la nuit et de la chaleur pendant le jour, ce sable n'étant qu'un accident dans les terrains des environs de Montpellier.

Il n'en est pas de même du sable jaune, qui constitue la formation connue des géologues sous le nom de sables pliocènes de Montpellier. Ce sable jaune est, après la terre du Jardin, le terrain qui se refroidit le moins à la surface, mais il est aussi celui qui se réchauffe le moins. Le froid nocturne se progage moins vite en profondeur que dans la terre du Jardin, et la chaleur solaire pénètre également moins vite dans ce sable que dans le sol cultivé du Jardin. Celui-ci appartenant à la formation du sable pliocène de Montpellier, il n'est pas étonnant que le sable jaune pur se comporte avec la chaleur comme le sol du Jardin, sauf pour le réchauffement solaire, qui est beaucoup moindre : effet qui s'explique par la couleur claire du sable et la nuance plus foncée du sol cultivé.

Je passe à l'examen des terres et compost spécialement usités en horticulture, la terre de feuilles, la terre de bruyère, celle de saule et le terreau.

La terre de feuilles s'échauffe médiocrement et se refroidit médiocrement à la surface. Il en est de même de la terre de bruyère; sa couleur semblait faire prévoir le contraire. Après la terre de saule, c'est celle où le froid nocturne et la chaleur solaire pénètrent le plus lentement.

La terre de saule, composée uniquement de fragments de bois décomposé,

et par conséquent formée en presque totalité de matière organique, présente des propriétés bien tranchées. De toutes les terres étudiées dans ce mémoire, c'est celle qui se refroidit le plus par le rayonnement nocturne superficiel, mais elle n'occupe que le cinquième rang dans l'ordre du réchauffement. C'est celle de toutes les terres où le froid nocturne, ainsi que la chaleur solaire, pénètre le plus lentement : cette circonstance s'explique très-bien par l'absence des principes minéraux bons conducteurs du calorique, et l'interposition d'une grande quantité d'air entre les fragments qui la composent. On ne s'étonnera pas de ce que la terre de bruyère et la terre de saule se comportent de la même manière vis-à-vis de la chaleur : toutes deux sont riches en principes organiques ; aussi leurs propriétés thermiques sont-elles sensiblement les mêmes, sauf le rayonnement nocturne, qui est plus intense chez la terre de saule ; mais chez toutes deux la conductibilité pour la chaleur est très-faible.

Le terreau est un compost employé comme mélange avec des terres naturelles. Pour le rayonnement nocturne et le réchauffement solaire, il tient le milieu entre les terres examinées jusqu'ici ; et après la terre rouge, c'est celle où la chaleur solaire pénètre le plus rapidement.

DU RAYONNEMENT NOCTURNE DES DIFFÉRENTES TERRES, MESURÉ PAR LE DÉPÔT DE GELÉE BLANCHE A LEUR SURFACE.

Nous avons étudié, dans la première partie de ce mémoire, le refroidissement nocturne d'une tranche superficielle du sol de deux centimètres d'épaisseur, et déterminé la température qu'elle prenait à la profondeur d'un centimètre environ. Mais nous ne connaissons point le refroidissement relatif des différentes espèces de terre à leur surface, c'est-à-dire du plan de séparation de l'air et du sol. La thermométrie ne nous fournit aucun moyen de le mesurer [1] ; à priori, il était probable que les terres qui rayonnent le plus

[1] Voyez sur ce sujet la note intitulée : Du refroidissement nocturne de la tranche superficielle du sol, comparé à celui de la couche d'air au contact avec elle : elle précède le présent mémoire et se trouve en outre dans la *Bibliothèque universelle de Genève*, 1862, tom. XIV, pag. 250, et les *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1862, tom. LIV, pag. 1271.

pendant les nuits sereines sont aussi celles qui se refroidissaient le plus à quelques millimètres au-dessous de la surface : cela était probable, mais non pas rigoureusement démontré.

Les gelées blanches sont très-communes et très-abondantes à Montpellier pendant l'hiver. Elles apparaissent à la suite de nuits d'autant plus sereines que l'air est plus saturé d'humidité. Or il est évident que la terre qui rayonne le mieux sera celle qui se refroidira le plus et, par suite, se couvrira de la couche la plus épaisse de gelée blanche. J'imaginai de peser cette couche. Voici comment j'opérai :

Je fis faire des capsules de fer-blanc ayant exactement un décimètre carré de surface et deux centimètres de profondeur. Je remplis chacune de ces capsules des principales terres dont j'avais expérimenté le refroidissement. Chacune des capsules en fer-blanc était contenue dans une capsule en bois de même grandeur, afin de garantir autant que possible le fer-blanc de l'action du contact de l'air froid. Le soir, ces capsules étaient placées sur une table élevée de 1m,20 au-dessus du sol, dans un endroit bien découvert du Jardin. Avant de les placer, j'avais soin de faire la tare de la capsule et son contenu dans une balance trébuchant à un demi-centigramme, construite par M. Deleuil. Le lendemain matin avant le lever du soleil, les fenêtres de mon cabinet restant ouvertes afin que la température fût au-dessous de zéro, je repesais les terres couvertes de gelée blanche. Le poids que j'ajoutais à la tare de la veille était celui de la couche de gelée blanche. Cinq expériences bien concordantes m'ont donné l'ordre et les nombres suivants, exprimant le poids moyen de la gelée blanche exprimé en centigrammes :

	Centigr.
Terre rouge	172
Terre de saule	169
Terre de feuilles	160
Terreau	155
Terre du Jardin	152
Terre de bruyère	140
Sable jaune	134
Moyenne	155

Si nous comparons cet ordre, qui est celui du rayonnement de la surface,

avec l'ordre du refroidissement au-dessous de la surface, donné page 369, nous trouvons une concordance remarquable. Dans ces deux listes, la terre rouge, la terre de saule et la terre de feuilles sont en tête. La terre du Jardin seule se trouve notablement déplacée; son refroidissement superficiel est plus fort que celui de la terre de bruyère et du sable jaune.

On ne saurait raisonnablement attendre une plus grande concordance d'expériences physico-météorologiques du genre de celles-ci, et l'accord est suffisant pour pouvoir affirmer que les terres qui rayonnent le plus sont aussi celles, en général, où le froid pénètre à une faible profondeur. Du reste, les terres meubles comptent parmi les corps les plus rayonnants; pour avoir un terme de comparaison, j'ai exposé simultanément pendant trois nuits, à côté des terres, une lame de verre blanc d'un décimètre carré de surface; celle-ci s'est recouverte d'une couche de gelée blanche pesant en moyenne 178 centigrammes, tandis que la moyenne des terres était de 195. Le rayonnement des terres expérimentées serait donc au moins égal à celui du verre; or, d'après les expériences de Melloni[1], le verre occupe le quatrième rang parmi les corps rayonnants. Les trois premiers sont le noir de fumée, le carbonate de plomb et le papier à écrire.

On ne s'étonnera plus, après cela, que le sol se refroidisse beaucoup par rayonnement pendant la nuit, et refroidisse ensuite de proche en proche la couche d'air en contact avec lui, au point de changer le décroissement diurne de la température avec la hauteur en accroissement, et de produire ainsi un renversement de la température dans les couches inférieures de l'atmosphère[2].

J'ai profité de mes pesées de la gelée blanche pour me faire une idée de son action sur le sol. Les cinq gelées blanches que j'ai pesées sur sept espèces de terres donnent un poids moyen de 1 550 kilogrammes sur un hectare. Deux expériences m'ont montré qu'une partie de cette gelée blanche s'évapore directement; ainsi, au bout de trois heures, vers dix heures du matin, on ne voit plus de gelée blanche sur les terres exposées au soleil. Si alors on repèse les terres, on trouve que 22 pour cent de gelée blanche se sont éva-

---

[1] Pouillet; Traité de physique, tom. II, pag. 423; 3e édit.

[2] Voyez mon mémoire sur l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Montpellier*, tom. V, pag. 47; 1861.)

porés : c'est un cinquième environ, le reste, savoir 78 pour cent, ont pénétré dans le sol à l'état d'eau. Par conséquent, 1 550 kilogrammes de gelée blanche rendent à l'atmosphère 340 kilogrammes d'eau par hectare ; le reste, savoir 1210 kilogrammes, pénètrent dans le sol. C'est une quantité qu'on ne saurait considérer comme insignifiante, et qui contribue avec la chaleur à hâter la germination des graines et l'accroissement des plantes.

Ces résultats se rapprochent de ceux que M. Boussingault [1] a obtenus pour la rosée. Dix-sept expériences, faites à Liebfrauenberg, en Alsace, pendant les mois d'août, septembre et octobre 1857, lui ont donné 1 500 litres d'eau déposés sur un hectare, résultat qui ne diffère du mien que d'un neuvième environ.

CONSÉQUENCES HORTICOLES.

Si l'on considère les différentes espèces de terres étudiées dans ce mémoire sous le point vue des semis, on conclura que la terre de bruyère est le sol le plus propre à obtenir une germination prompte et sûre ; en effet, elle ne se refroidit pas beaucoup à la surface et le froid nocturne y pénètre lentement. D'un autre côté, elle se réchauffe assez fortement sous l'influence des rayons solaires, et cette chaleur reste à la superficie et pénètre lentement dans la profondeur ; circonstance également favorable, en ce que la chaleur se concentre autour des graines semées près de la surface. Le terreau a l'avantage de ne pas se refroidir beaucoup à la surface, mais le froid nocturne pénètre très-rapidement à l'intérieur. Il est vrai que le terreau se réchauffe bien pendant le jour et que la chaleur y pénètre facilement. Les graines y sont donc soumises à des alternatives de température assez grandes. Ces alternatives sont encore plus fortes dans la terre argileuse rouge, qui se refroidit beaucoup pendant la nuit et se réchauffe fortement pendant le jour ; mais heureusement la chaleur solaire s'y propage beaucoup mieux que le froid nocturne. Les sables se refroidissent et se réchauffent peu à la surface ; le froid et la chaleur ne s'y propagent pas bien facilement. Le sol du Jardin des Plantes de Montpellier a l'avantage d'être celui de tous qui se refroidit le moins à la surface, mais il se laisse pénétrer rapidement par le froid. En compensation, la cha-

[1] Agronomie, chimie agricole et physiologie, tom. II, pag. 321.

leur solaire agit fortement sur la surface, mais n'y pénètre pas aussi aisément que le froid nocturne. Ces circonstances, jointes à la position dans un fond au nord d'une colline, expliquent pourquoi la végétation est toujours retardée au Jardin des Plantes, comparativement aux terrains situés au sud et à l'est de la ville de Montpellier.

Les personnes qui auront pris la peine de lire ce mémoire en entier, seront convaincues, sans que j'aie besoin d'insister sur cette vérité, que les températures du sol jouent un aussi grand rôle que celles de l'air dans les différences que l'on observe entre l'horticulture de la France méditerranéenne et celle du nord de l'Europe. A Montpellier, quand les froids surviennent en plein hiver, décembre, janvier et février, lorsque la terre est sèche, ils sont peu à craindre. En effet, alors la végétation est complètement arrêtée. Les abaissements notables de température s'accompagnant des vents du N.-N.-O., qui sont très-secs et cessent en général de souffler au coucher du soleil, la nuit est sereine, l'air calme et le rayonnement très-intense. La terre se refroidit beaucoup à la surface ; mais, dès que le soleil reparaît, elle commence à être réchauffée, et les gelées ne pénètrent pas, comme nous l'avons vu, au-delà de 15 centimètres. Si, au contraire, la terre est mouillée, le danger est plus grand. En effet, les fortes pluies nous sont amenées principalement par les vents de sud-est, qui sont des vents chauds ; le thermomètre alors ne descend plus au-dessous de zéro pendant la nuit, parce que le ciel est couvert ou nuageux. Les plantes précoces entrent un peu en végétation, absorbent l'eau contenue dans le sol et sortent de leur sommeil hibernal : alors, si le froid arrive subitement, il peut causer de grands dégâts, car toutes les plantes n'ont pas la faculté de geler sans périr. C'est le fait de toutes celles qui supportent les hivers des pays froids ; elles gèlent, mais la gelée ne les tue pas, de même qu'elle ne tue pas certains poissons, mollusques, larves d'insectes, etc., qui reviennent parfaitement à la vie après avoir été congelés pendant longtemps. Dupetit-Thouars en a fait, le premier, l'observation à Paris [1] ; elle a été répétée à Montpellier par Dunal [2], et je l'ai vérifiée moi-

[1] Mémoire sur les effets de la gelée sur les plantes, 1817.

[2] Des effets de la gelée sur les plantes. (*Mémoires de l'Académie des sciences de Montpellier*, tom. I, pag. 152; 1848.)

même pendant l'hiver de 1859, à la suite des nuits des 10 et 12 janvier, où le thermomètre était descendu à — 7°,8 et — 5°,9, l'instrument étant placé au nord d'un mur peu élevé et à 1m,30 au-dessus du sol. J'ai constaté que des végétaux herbacés, tels que *Opuntia ficus-indica*, *O. inermis*, *O. decipiens*, *Ferula glauca*, *Narcissus Tazetta*, *Amaryllis lutea*, *Ranunculus creticus*, *Symphytum tauricum*, *Acanthus mollis*, *Ruta bracteosa*, *Cineraria maritima*, *Plectranthus rugosus*, étaient gelés, c'est-à-dire que leur tissu cellulaire était rempli de glaçons; vers le milieu de la journée, tous étaient dégelés et en parfaite santé. J'ai cité à dessein des plantes méridionales; j'aurais pu y ajouter des plantes septentrionales, telles que *Conium maculatum*, *Euphorbia lathyris*, les choux, les poireaux, etc.; mais ces observations rentrent dans celles que Dupetit-Thouars a faites à la pépinière du Roule.

Chez les arbrisseaux, j'ai reconnu l'existence d'une couche de glace sous-épidermique sur l'*Anagyris fœtida* en fleurs, les feuilles d'*Agave americana*, le *Nicotiana glauca*, le *Jasminum revolutum*, le *Phlomis fruticosa*; enfin, la même couche existait sous l'épiderme des jeunes branches de l'olivier et du *Sterculia platanifolia*. Les branches herbacées du *Phytolacca dioica* étaient gelées jusqu'au centre. Ainsi donc, les plantes du Midi, comme celles du Nord, peuvent geler, puis dégeler sans périr; seulement elles ne supportent pas des gelées aussi fortes ni aussi continues: ainsi, l'*Opuntia ficus-indica* périt à la suite d'une seule gelée au-dessous de — 8° ou après des gelées répétées au-dessous de — 5°. Depuis douze ans que j'habite Montpellier, les pousses de l'année d'un *Phytolacca dioica*, placé près de ma maison, ont toujours péri, excepté l'hiver dernier (1862-1863), où le minimum extrême de l'air a été seulement de — 4°,1. Aussi est-ce la première fois que des fleurs se montrent sur cet arbre qui, comme beaucoup d'autres, n'en porte probablement que sur des branches d'un an. Le principal avantage du climat de Montpellier sur celui de Paris, ne consiste pas uniquement en ce que les minima thermométriques aériens sont moins bas; car il est des hivers (1859 et 1862) où ils ont été aussi bas à Montpellier qu'à Versailles, dont le climat est encore plus froid que celui de Paris; j'en juge par les excellentes observations continuées avec tant de persévérance par mon ami le docteur Berigny, dans une situation fort analogue à celle du Jardin des Plantes

de Montpellier et en ayant égard à l'accroissement nocturne de la température avec la hauteur. Ce qui distingue les hivers de Montpellier de ceux de Paris, c'est que dans l'Hérault les froids sont secs et discontinus. La nuit est froide, le jour est toujours tempéré. Beaucoup de plantes s'accommodent de ce régime météorologique; mais ce qui achève d'assurer leur existence, c'est que la partie souterraine, la souche, les racines, ne meurent pas, même dans les hivers exceptionnels, comme ceux de 1709, 1789, 1820, 1830, 1855, à la suite desquels les végétaux réellement naturalisés n'ont point entièrement péri, mais repoussèrent du pied. Ces faits justifient ce que M. Charles Naudin a écrit [1] sur la culture géothermique, comme favorisant le développement des plantes pendant l'été et prévenant leur mort pendant l'hiver. Voilà pourquoi on peut conserver en pleine terre à Montpellier les végétaux suivants, que je vois depuis douze ans résister à toutes les intempéries de l'hiver languedocien : L'olivier, le pistachier, le jujubier, le laurier, le grenadier, l'arbousier, le pin d'Alep, le laurier rose, le camellia simple, *Melia Azedarach*, *Sterculia platanifolia*, *Bumelia tenax*, *Asimina triloba*, *Albizzia julibrizin*, *Cassia corymbosa*, *Poinciana Gilliesii*, *Hibiscus syriacus*, *Cocculus laurifolius*, *Cereus peruvianus*, *Opuntia decipiens*, *O. inermis*, *Stillingia sebifera*, *Agave americana*, *Dasylirion gracile*, *Phœnix dactilifera*, *Sabal Adansonii*, *Chamærops humilis*, *C. excelsa*, *Jubœa spectabilis*, et probablement bien d'autres arbres de la Chine, du Japon, des hauts plateaux de l'Amérique du Sud et de la Tasmanie, qui n'ont pas encore été essayés.

---

[1] Serres et orangeries en pleine-terre. Aperçu de la culture géothermique, 1860.

MÉMOIRE

SUR

L'INTÉGRATION DES ÉQUATIONS

Aux différentielles partielles du premier ordre,

Par M. Ossian BONNET.

La méthode donnée par Lagrange, en 1772, pour intégrer les équations à trois variables et aux dérivées partielles du premier ordre, est, sans contredit, la plus simple et la plus naturelle de toutes celles qui ont été imaginées jusqu'ici. Toutefois, on a objecté à cette méthode qu'elle ne pouvait que très-difficilement s'étendre aux équations renfermant un nombre de variables supérieur à trois.

On sait qu'en 1779 Charpit essaya, mais sans succès, de généraliser la méthode de Lagrange, dans un Mémoire qui fut présenté à l'Académie des Sciences, et qui n'a jamais été publié[1]. Pfaff donna alors la belle méthode qui a été depuis commentée et considérablement simplifiée par Jacobi. On doit aussi à Cauchy une méthode fondée sur une idée très-ingénieuse et très-féconde d'Ampère, et dont les résultats sont, en définitive, les mêmes

[1] C'est par l'extrait qu'en a donné Lacroix dans le tome II de son grand *Traité de calcul différentiel et intégral*, que le Mémoire de Charpit a été connu des géomètres.

que ceux auxquels Jacobi a été conduit. Je me propose, dans ce Mémoire, de faire voir qu'en s'aidant d'un théorème généralement attribué à Pfaff, mais dont le germe se trouve, si je ne me trompe, dans le *Calcul des fonctions*, on peut parvenir à lever les difficultés que Charpit avait rencontrées dans la généralisation de la méthode de Lagrange. On aura ainsi une nouvelle méthode, tout aussi simple que celles de Jacobi et de Cauchy, mais beaucoup plus directe, à mon avis.

1. Soit x une fonction de n variables indépendantes, $x_1, x_2 \dots x_n$; et $p_1, p_2, \dots p_n$ les dérivées partielles de cette fonction par rapport à ces variables. Toute équation aux dérivées partielles du premier ordre sera de la forme

$$F(x, x_1, x_2, \dots x_n, p_1, p_2, \dots p_n) = 0, \tag{1}$$

ou, en dégageant p_n,

$$p_n = f(x, x_1, x_2, \dots x_n, p_1, p_2, \dots p_{n-1}) = f. \tag{1 bis}$$

L'équation (1) admet différentes espèces d'intégrales, mais toutes peuvent se déduire, comme on sait, d'une intégrale complète, c'est-à-dire d'une intégrale renfermant n constantes arbitraires; nous nous bornerons donc à déterminer une intégrale de cette nature. Pour cela, il suffira de connaître $n-1$ fonctions de $x, x_1, x_2, \dots x_n$, contenant $n-1$ constantes arbitraires, qui, prises pour valeurs de $p_1, p_2, \dots p_{n-1}$, rendent l'équation

$$dx - p_1\,dx_1 - p_2\,dx_2 - \dots - p_{n-1}\,dx_{n-1} - f\,dx_n = 0 \tag{2}$$

intégrable avec une nouvelle constante arbitraire. En effet, l'intégrale de cette dernière équation sera précisément l'intégrale complète cherchée.

2. Or, pour que l'équation (2) admette une intégrale renfermant une constante arbitraire, il faut d'abord que la suivante

$$dx - p_1\,dx_1 - p_2\,dx_2 - \dots - p_{n-1}\,dx_{n-1} = 0 \tag{3}$$

jouisse de la même propriété, et par conséquent que l'on ait les $\frac{(n-1)(n-2)}{2}$ relations comprises dans le type

$$\frac{dp_h}{dx_k} + \frac{dp_h}{dx} p_k = \frac{dp_k}{dx_h} + \frac{dp_k}{dx} p_h \tag{4}$$

où h et k sont différents et égaux à l'un quelconque des nombres entiers $1, 2, 3, \ldots n-1$.

De plus, l'intégrale de l'équation (2), si elle existe, devra pouvoir se déduire de l'intégrale

$$\varphi(x, x_1, x_2, \ldots\ldots x_{n-1}, x_n) = C \tag{5}$$

de l'équation (3), en remplaçant la constante C par une certaine fonction de x_n. Mais, en différentiant l'équation (5), il vient

$$\frac{d\varphi}{dx} dx + \frac{d\varphi}{dx_1} dx_1 + \frac{d\varphi}{dx_2} dx_2 + \ldots\ldots + \frac{d\varphi}{dx_{n-1}} dx_{n-1} + \frac{d\varphi}{dx_n} dx_n = dC ;$$

puis, en retranchant de cette dernière l'équation (2) préalablement multipliée par $\frac{d\varphi}{dx}$, nous avons simplement

$$\left(\frac{d\varphi}{dx_n} + f\frac{d\varphi}{dx}\right) dx_n = dC$$

en remarquant que l'équation (5) est l'intégrale générale de (3) ; donc, pour que C admette une valeur fonction de x_n seulement, il faudra et il suffira qu'après avoir chassé x de $\frac{d\varphi}{dx_n} + f\frac{d\varphi}{dx}$ au moyen de l'équation (5), le résultat ne contienne ni x_1, ni $x_2, \ldots$ ni x_{n-1}, c'est-à-dire ait une dérivée nulle par rapport à chacune de ces variables.

3. La dérivée par rapport à x_k de l'expression $\frac{d\varphi}{dx_n} + f\frac{d\varphi}{dx}$ où x est considéré comme ayant la valeur déduite de l'équation (5), est en général

$$\frac{d^2\varphi}{dx_n\, dx_k} + \frac{d^2\varphi}{dx_n\, dx} p_k + f\left(\frac{d^2\varphi}{dx\, dx_k} + \frac{d^2\varphi}{dx^2} p_k\right) + \frac{d\varphi}{dx}\left(X_k + X p_k\right)$$

$$+ \frac{d\varphi}{dx}\left\{P_1\left(\frac{dp_1}{dx_k} + \frac{dp_1}{dx} p_k\right) + P_2\left(\frac{dp_2}{dx_k} + \frac{dp_2}{dx} p_k\right) + \ldots + P_{n-1}\left(\frac{dp_{n-1}}{dx_k} + \frac{dp_{n-1}}{dx} p_k\right)\right\}$$

en posant pour abréger

$$\frac{df}{dx_k} = X_k \quad \text{et} \quad \frac{df}{dp_k} = P_k.$$

Mais on a

$$\frac{d\varphi}{dx_k} + \frac{d\varphi}{dx} p_k = 0 ;$$

et par suite

$$\frac{d^2\varphi}{dx_n\, dx_k} + \frac{d^2\varphi}{dx_n\, dx} p_k = - \frac{d\varphi}{dx} \frac{dp_k}{dx_n},$$

$$\frac{d^2\varphi}{dx\, dx_k} + \frac{d^2\varphi}{dx^2} p_k = - \frac{d\varphi}{dx} \frac{dp_k}{dx}.$$

La dérivée dont il s'agit revient donc à

$$\frac{d\varphi}{dx}\left(X_k + X p_k - \frac{dp_k}{dx_n} - f \frac{dp_k}{dx}\right)$$

$$+ \frac{d\varphi}{dx}\left\{P_1\left(\frac{dp_1}{dx_k} + \frac{dp_1}{dx} p_k\right) + P_2\left(\frac{dp_2}{dx_k} + \frac{dp_2}{dx} p_k\right) + \ldots + P_{n-1}\left(\frac{dp_{n-1}}{dx_k} + \frac{dp_{n-1}}{dx} p_k\right)\right\}$$

ou bien, à cause des équations (4), à

$$\frac{d\varphi}{dx}\left\{X_k + X p_k + \left(P_1 p_1 + P_2 p_2 + \ldots + P_{n-1} p_{n-1} - f\right) \frac{dp_k}{dx}\right\}$$

$$+ \frac{d\varphi}{dx}\left(P_1 \frac{dp_k}{dx_1} + P_2 \frac{dp_k}{dx_2} + \ldots + P_{n-1} \frac{dp_k}{dx_{n-1}} - \frac{dp_k}{dx_n}\right)$$

On a donc la condition

$$(6) \qquad X_k + X p_k + \left(P_1 p_1 + P_2 p_2 + \ldots + P_{n-1} p_{n-1} - f\right) \frac{dp_k}{dx}$$

$$+ P_1 \frac{dp_k}{dx_1} + P_2 \frac{dp_k}{dx_2} + \ldots + P_{n-1} \frac{dp_k}{dx_{n-1}} - \frac{dp_k}{dx_n} = 0$$

et toutes les conditions analogues obtenues en donnant à k les valeurs $1, 2, 3, \ldots n - 1$.

4. La question est maintenant ramenée à trouver $n - 1$ fonctions de $x, x_1, x_2, \ldots x_n$ contenant $n - 1$ constantes arbitraires, et qui, prises pour $p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$, vérifient les équations (4) et (6), quels que soient $x, x_1, x_2, \ldots x_n$ et les valeurs attribuées aux constantes.

Occupons-nous d'abord de satisfaire aux équations (6). Ces équations sont aux différentielles partielles, et simultanées; mais leur forme particulière permet de déterminer simplement les valeurs de $p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$.

Soient en effet

$$(7)\quad \begin{cases} F_1(x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}) = C_1 \\ F_2(x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}) = C_2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ F_{n-1}(x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}) = C_{n-1} \end{cases}$$

les équations résolues par rapport aux constantes, qui font connaître les valeurs cherchées de $p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$; différentions une quelconque de ces équations, la première par exemple, par rapport à x, à $x_1, \ldots$ à x_{n-1}, à x_n, en regardant $p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$ comme fonctions de ces variables; il viendra

$$\frac{dF_1}{dx} + \frac{dF_1}{dp_1}\frac{dp_1}{dx} + \frac{dF_1}{dp_2}\frac{dp_2}{dx} + \ldots + \frac{dF_1}{dp_{n-1}}\frac{dp_{n-1}}{dx} = 0,$$

$$\frac{dF_1}{dx_1} + \frac{dF_1}{dp_1}\frac{dp_1}{dx_1} + \frac{dF_1}{dp_2}\frac{dp_2}{dx_1} + \ldots + \frac{dF_1}{dp_{n-1}}\frac{dp_{n-1}}{dx_1} = 0,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$\frac{dF_1}{dx_{n-1}} + \frac{dF_1}{dp_1}\frac{dp_1}{dx_{n-1}} + \frac{dF_1}{dp_2}\frac{dp_2}{dx_{n-1}} + \ldots + \frac{dF_1}{dp_{n-1}}\frac{dp_{n-1}}{dx_{n-1}} = 0,$$

$$\frac{dF_1}{dx_n} + \frac{dF_1}{dp_1}\frac{dp_1}{dx_n} + \frac{dF_1}{dp_2}\frac{dp_2}{dx_n} + \ldots\ldots + \frac{dF_1}{dp_{n-1}}\frac{dp_{n-1}}{dx_n} = 0.$$

Multiplions la première par $P_1p_1 + P_2p_2 + \ldots + P_{n-1}p_{n-1} - f$, la seconde par P_1, la troisième par $P_2, \ldots$ la n^{me} par P_{n-1}, la $(n+1)^{me}$ par -1, et ajoutons, nous aurons:

$$\frac{dF_1}{dx}\left(P_1p_1 + P_2p_2 + \ldots + P_{n-1}p_{n-1} - f\right) + \frac{dF_1}{dx_1}P_1 + \ldots + \frac{dF_1}{dx_{n-1}}P_{n-1} - \frac{dF_1}{dx_n}$$

$$+ \frac{dF_1}{dp_1}\left\{\frac{dp_1}{dx}\left(P_1p_1 + \ldots + P_{n-1}p_{n-1} - f\right) + \frac{dp_1}{dx_1}P_1 + \ldots + \frac{dp_1}{dx_{n-1}}P_{n-1} - \frac{dp_1}{dx_n}\right\}$$

$$+ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$+ \frac{dF_1}{dp_{n-1}}\left\{\frac{dp_{n-1}}{dx}\left(P_1p_1 + \ldots - f\right) + \frac{dp_{n-1}}{dx_1}P_1 + \ldots + \frac{dp_{n-1}}{dx_{n-1}}P_{n-1} - \frac{dp_{n-1}}{dx_n}\right\} = 0$$

ou bien, à cause des équations (6),

$$\left(P_1 p_1 + \ldots + P_{n-1} p_{n-1} - f\right)\frac{dF_1}{dx} + P_1\frac{dF_1}{dx_1} + \ldots + P_{n-1}\frac{dF_1}{dx_{n-1}} - \frac{dF_1}{dx_n}$$

$$-\left(X_1 + p_1 X\right)\frac{dF_1}{dp_1} - \left(X_2 + p_2 X\right)\frac{dF_1}{dp_2} - \ldots - \left(X_{n-1} + p_{n-1} X\right)\frac{dF_1}{dp_{n-1}} = 0$$

Cette dernière équation devant être identiquement satisfaite quels que soient $x, x_1, x_2, \ldots x_n, c_1, c_2, \ldots c_{n-1}$ quand on y a remplacé $p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$ par les valeurs déduites des équations (7), et par conséquent quels que soient $x, x_1, x_2, \ldots x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$, je conclus, d'après un théorème bien connu de Jacobi, que la première des équations (7), et par suite l'une quelconque de ces équations, est une intégrale du système des équations différentielles simultanées

$$(8)\quad \frac{dx}{P_1 p_1 + P_2 p_2 + \ldots + P_{n-1} p_{n-1} - f} = \frac{dx_1}{P_1} = \frac{dx_2}{P_2} = \ldots = \frac{dx_{n-1}}{P_{n-1}} = \frac{dx_n}{-1} =$$

$$= -\frac{dp_1}{X_1 + p_1 X} = -\frac{dp_2}{X_2 + p_2 X} = -\ldots = -\frac{dp_{n-1}}{X_{n-1} + p_{n-1} X}.$$

Ainsi, on aura un système d'équations (7) faisant connaître des valeurs de $p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$, fonctions de $x, x_1, x_2, \ldots x_n$ et de $n - 1$ constantes arbitraires, propres à vérifier les équations (6), quels que soient $x, x_1, x_2, \ldots x_n$ et les $n - 1$ constantes, en prenant $n - 1$ intégrales quelconques du système des équations simultanées (8). Il nous reste encore à faire voir comment on doit choisir ces $n - 1$ intégrales, pour que les valeurs de $p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$ satisfassent en outre aux équations (4), ou, ce qui revient au même, pour que ces valeurs transforment

$$dx - p_1\, dx_1 - p_2\, dx_2 - \ldots\ldots - p_{n-1}\, dx_{n-1}$$

en une expression susceptible de devenir la différentielle exacte d'une certaine fonction de $x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}$, par la multiplication d'un facteur, quels que soient d'ailleurs x_n et les constantes.

5. A cet effet, je vais d'abord démontrer une propriété importante des intégrales des équations (8).

Supposons qu'on ait intégré complètement les équations (8), et qu'on ait obtenu les valeurs de $x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$, en fonction de x_n et de $2n-1$ constantes arbitraires $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_{2n-1}$. Ces valeurs devront vérifier, quels que soient x_n et les $2n-1$ constantes, les équations (8), et la suivante

$$(9) \qquad \frac{dx}{dx_n} = f + p_1 \frac{dx_1}{dx_n} + p_2 \frac{dx_2}{dx_n} + \ldots + p_{n-1} \frac{dx_{n-1}}{dx_n},$$

qui en est une conséquence; par suite elles devront vérifier la dérivée de cette dernière équation par rapport à une quelconque α des constantes α_1, α_2, α_3, $\ldots$ α_{n-1}. Or, cette dernière est

$$\frac{d^2x}{d\alpha\, dx_n} = X \frac{dx}{d\alpha} + X_1 \frac{dx_1}{d\alpha} + \ldots + X_{n-1} \frac{dx_{n-1}}{d\alpha} + P_1 \frac{dp_1}{d\alpha} + \ldots + P_{n-1} \frac{dp_{n-1}}{d\alpha}$$

$$+ \frac{dx_1}{dx_n}\frac{dp_1}{d\alpha} + \frac{dx_2}{dx_n}\frac{dp_2}{d\alpha} + \ldots + \frac{dx_{n-1}}{dx_n}\frac{dp_{n-1}}{d\alpha} + p_1 \frac{d^2x_1}{d\alpha\, dx_n} + \ldots + p_{n-1} \frac{d^2x_{n-1}}{d\alpha\, dx_n}$$

ou, à cause des équations (8),

$$\frac{d^2x}{d\alpha\, dx_n} = X \frac{dx}{d\alpha} + \left(\frac{dp_1}{dx_n} - p_1 X\right) \frac{dx_1}{d\alpha} + \ldots + \left(\frac{dp_{n-1}}{dx_{n-1}} - p_{n-1} X\right) \frac{dx_{n-1}}{d\alpha}$$

$$+ p_1 \frac{d^2x_1}{d\alpha\, dx_n} + p_2 \frac{d^2x_2}{d\alpha\, dx_n} + \ldots + p_{n-1} \frac{d^2x_{n-1}}{d\alpha\, dx_n},$$

que l'on peut écrire ainsi

$$\frac{d.}{dx_n}\left(\frac{dx}{d\alpha} - p_1 \frac{dx_1}{d\alpha} - \ldots - p_{n-1} \frac{dx_{n-1}}{d\alpha}\right) = X \left(\frac{dx}{d\alpha} - p_1 \frac{dx_1}{d\alpha} - \ldots - p_{n-1} \frac{dx_{n-1}}{d\alpha}\right)$$

d'où l'on tire

$$\frac{dx}{d\alpha} - p_1 \frac{dx_1}{d\alpha} - p_2 \frac{dx_2}{d\alpha} - \ldots - p_{n-1} \frac{dx_{n-1}}{d\alpha}$$

$$= e^{\int_0^{x_n} X dx_n} \left(\frac{dx^0}{d\alpha} - p^0_1 \frac{dx^0_1}{d\alpha} - p^0_2 \frac{dx^0_2}{d\alpha} - \ldots - p^0_{n-1} \frac{dx^0_{n-1}}{d\alpha}\right),$$

en représentant par x^0, x^0_1, $\ldots x^0_{n-1}$, p^0_1, p^0_2, $\ldots p^0_{n-1}$, ce que deviennent $x, x_1, \ldots x_{n-1}, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$ pour $x_n = 0$.

L'égalité précédente ayant lieu pour toutes les valeurs $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_{2n-1}$ de α, on conclut encore

$$(10) \qquad \delta x - p_1 \delta x_1 - p_2 \delta x_2 - \ldots - p_{n-1} \delta x_{n-1}$$
$$= e^{\int_0^{x_n} X dx_n} (\delta x^0 - p^0_1 \delta x^0_1 - p^0_2 \delta x^0_2 - \ldots - p^0_{n-1} \delta x^0_{n-1}) ;$$

la caractéristique δ indiquant les différentielles prises par rapport à un nombre quelconque des constantes $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_{2n-1}$ considérées comme variables.

6. La formule précédente conduit aisément à la solution du problème que nous avons en vue. Supposons, en effet, que les constantes jusqu'ici quelconques que nous avons représentées par $\alpha_1, \alpha_2, \ldots \alpha_{2n-1}$ soient les valeurs $x^0, x^0_1, x^0_2, \ldots x^0_{n-1}, p^0_1, p^0_2, \ldots p^0_{n-1}$, que prennent $x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$ pour $x_n = 0$, et soient alors

$$(11) \quad \begin{cases} \Phi (x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}) = x^0, \\ \Phi_1 (x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}) = x^0_1, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \Phi_{n-1} (x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}) = x^0_{n-1}, \end{cases}$$

$$(12) \quad \begin{cases} \Psi_1 (x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}) = p^0_1, \\ \Psi_2 (x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}) = p^0_2, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ \Psi_{n-1} (x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}) = p^0_{n-1}, \end{cases}$$

les intégrales des équations (8). Regardons seulement $x^0, x^0_1, \ldots x^0_{n-1}$ comme variables ; si nous résolvons les équations (11) et (12) par rapport à $x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$, nous trouverons des valeurs fonctions des n variables indépendantes $x^0, x^0_1, \ldots x^0_{n-1}$ et des $n - 1$ constantes $p^0_1, p^0_2, \ldots p^0_{n-1}$; et ces valeurs substituées dans

$$dx - p_1 dx_1 - p_2 dx_2 - \ldots p_{n-1} dx_{n-1}$$

donneront une expression qui sera, à un facteur près, la différentielle exacte

d'une fonction des n variables x^0, x^0_1, x^0_2, ... x^0_{n-1}, quelles que soient d'ailleurs les valeurs de x_n et de p^0_1, p^0_2, ... p^0_{n-1} ; le facteur sera

$$e^{-\int_0^{x_n} X dx_n},$$

et la différentielle exacte sera celle de

$$x^0 - p^0_1 x^0_1 - p^0_2 x^0_2 - \ldots - p^0_{n-1} x^0_{n-1};$$

c'est ce qui résulte de la formule (10). Mais si l'expression

$$dx - p_1 dx_1 - p_2 dx_2 - \ldots - p_{n-1} dx_{n-1}$$

est à un facteur près une différentielle exacte, quand on prend certaines variables indépendantes, la même propriété doit subsister pour d'autres variables indépendantes en même nombre que les premières ; nous pourrons donc prendre x, x_1, x_2, ... x_{n-1} au lieu de x^0, x^0_1, x^0_2, ... x^0_{n-1}, et nous voyons alors que, si au moyen des équations (12) seulement on détermine $p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$, en fonction de x, x_1, x_2, ... x_{n-1}, les valeurs obtenues substituées dans

$$dx - p_1 dx_1 - p_2 dx_2 - \ldots - p_{n-1} dx_{n-1},$$

donneront une expression qui sera à un facteur près la différentielle exacte d'une fonction de x, x_1, x_2, ... x_{n-1}, quels que soient x_n et les constantes p^0_1, p^0_2, ... p^0_{n-1}. Nous concluons de ce qui précède que, pour déterminer des valeurs de p_1, p_2, ... p_{n-1}, fonctions de x, x_1, x_2, ... x_{n-1} et de $n-1$ constantes arbitraires, qui vérifient les équations (4) et (6), il suffit de prendre les $(n-1)$ intégrales des équations différentielles simultanées (8), qui renferment comme constantes arbitraires les valeurs de p_1, p_2, ... p_{n-1} pour $x_n = 0$.

Après avoir déterminé p_1, p_2, ... p_{n-1}, il reste encore à calculer l'intégrale de l'équation (2) pour obtenir l'intégrale complète cherchée de l'équation (1) ; mais il est facile de voir que l'intégration de l'équation (2) n'exige aucun nouveau calcul. En effet, supposons que l'on exprime x, x_1, x_2, ... x_{n-1}, p_1, p_2, ... p_{n-1} en fonction des $n+1$ variables x_n, x^0, x^0_1, ... x^0_{n-1}

et des $n-1$ constantes p^0_1, p^0_2, ... p^0_{n-1}, au moyen des équations (11) et (12), et que l'on porte les valeurs obtenues dans

$$dx - p_1 dx_1 - p_2 dx_2 - \ldots - p_{n-1} dx_{n-1} - f dx_n,$$

on aura, d'après les équations (9) et (10),

$$dx - p_1 dx_1 - p_2 dx_2 - \ldots - p_{n-1} dx_{n-1} - f dx_n$$
$$= e^{\int_0^{x_n} X dx_n} (dx^0 - p^0_1 dx^0_1 - p^0_2 dx^0_2 - \ldots - p^0_{n-1} dx^0_{n-1}).$$

Par conséquent l'intégrale cherchée est

$$x^0 - p^0_1 x^0_1 - p^0_2 x^0_2 - \ldots - p^0_{n-1} x^0_{n-1} = C,$$

C étant une nouvelle constante.

En résumé, nous avons donc la règle suivante : intégrez complètement les équations différentielles simultanées (8), et introduisez comme constantes arbitraires les valeurs x^0, x^0_1, x^0_2, ... x^0_{n-1}, p^0_1, p^0_2, ... p^0_{n-1} que prennent $x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$ pour $x_n = 0$, ce qui donnera les équations (11) et (12); résolvez ces équations par rapport à $x^0, x^0_1, x^0_2, \ldots x^0_{n-1}, p_1, p_2, \ldots p_{n-1}$; en portant les valeurs obtenues pour $x^0, x^0_1, x^0_2, \ldots x^0_{n-1}$, valeurs qui seront fonctions de $x, x_1, x_2, \ldots x_{n-1}, x_n, p^0_1, p^0_2, \ldots p^0_{n-1}$, dans

$$x^0 - p^0_1 x^0_1 - p^0_2 x^0_2 - p^0_{n-1} x^0_{n-1} = C,$$

vous aurez une intégrale complète de l'équation (1), contenant comme constantes arbitraires p^0_1, p^0_2, ... p^0_{n-1} et C.

SUR

L'EXISTENCE DE PLUSIEURS ACIDES GRAS ODORANTS ET HOMOLOGUES

DANS LE FRUIT DU

GINGKO BILOBA,

Par M. A. BÉCHAMP.

Il existe, dans le Jardin des Plantes de Montpellier, un arbre singulier, un individu de l'espèce *Gingko biloba*, que l'on a rendu monoïque par la greffe.

En 1858, pendant que l'on en récoltait les fruits, je fus frappé de l'odeur pénétrante que leur pulpe répandait. Cette odeur me rappelait celle des acides valérique (phocénique) et butyrique réunis, mais où dominait manifestement, pour moi, l'odeur du premier de ces acides. Je distillai cette année-là une partie de la récolte, et ne tardai pas à y reconnaître, outre l'acide butyrique qui y domine, l'acide acétique et un peu d'un acide moins volatil que le valérique. J'attendis à l'année suivante pour me procurer une plus grande quantité de matière. J'ai pu reconnaître alors que l'acide le moins volatil devait être le caproïque[1].

De l'acide acétique au caproïque, la série homologue serait complète s'il n'y manquait l'acide propionique, que l'on n'a pas encore rencontré normalement dans les produits naturels. C'est à cause de la poursuite de cet acide que j'ai tant tardé de publier ce qui va suivre.

Mais avant de donner le résultat de ce long et fastidieux travail, il peut

---

[1] Ces faits ont été communiqués à plusieurs savants de Montpellier dès l'année 1859. Mon honoré collègue, M. Ch. Martins, a bien voulu le rappeler à la Société d'agriculture, lorsque M. Chevreul annonça, en 1861, l'existence de l'acide butyrique dans les mêmes fruits, ce que l'illustre académicien a bien voulu rappeler à son tour dans la note du *Compte-rendu de l'Académie des sciences*, tom. LIII, décembre 1861, pag. 1225.

être utile de faire connaître l'individu végétal qui en a fourni les matériaux. M. Ch. Martins, à la bienveillante obligeance de qui je dois les récoltes, a bien voulu me communiquer l'historique que voici :

« Le Gingko (*Gingko biloba* L. *Salisburia Gingko* Sen.), *arbre aux quarante écus*, noyer du Japon, a été apporté de ce pays en Angleterre en 1754. Broussonnet envoya le premier pied en France en 1788, et le planta dans le jardin de Gouan, à Montpellier ; une bouture de cet arbre fut faite dans le Jardin des Plantes de cette ville en 1795 : c'était un mâle. Delile, alors professeur à la Faculté de médecine, ayant appris qu'un individu femelle existait à Bourdigny, près de Genève, en fit venir des branches en 1830; elles furent greffées sur l'individu mâle, et donnèrent leurs premiers fruits en 1835. Tous les ans cet arbre en donne un grand nombre renfermant des graines fertiles, puisqu'elles sont fécondées par les chatons mâles de la partie supérieure de l'arbre qui, de dioïque, est devenu monoïque, c'est-à-dire à sexes séparés, mais réunis sur la même tige. »

Quoique ce ne soit pas un très-grand mérite, ni très-attrayant, de s'attaquer à une drogue dans l'espoir d'en tirer quelque principe nouveau, et que l'intérêt même qui s'attache souvent à ce genre de recherche me fît défaut (depuis que M. Chevreul a découvert l'acide phocénique, un acide d'origine animale dans les fruits mûrs du *Viburnum opulus*, qu'on l'eût aussi découvert sous le nom d'acide valérianique [1] dans la valériane, cet intérêt était épuisé), j'avoue cependant que l'analyse des acides gras odorants du Gingko m'a encore tenté, non plus à cause de l'existence de tel ou tel acide en particulier, mais parce que j'avais l'espoir de saisir la nature sur le fait dans la génération d'une série chimique homologue, et montrer par là que la loi d'homologie n'était pas seulement une création de la science moderne, mais une loi de la nature; et puis, comme on vient de le voir, le sujet de mon observation était assez original pour mériter quelque attention.

---

[1] Les botanistes se plaignent que l'on ait donné le nom de *valérique* à l'*acide valérianique*, car il est clair que celui-ci avait au moins l'avantage de rappeler l'une des origines naturelles de cet acide; et puisque nous en sommes à critiquer la première dénomination, qui a prévalu, disons qu'il est regrettable, au point de vue historique, que l'on n'ait pas, une fois l'acide valérianique reconnu identique avec le phocénique, conservé ce dernier nom, qui a pour lui la priorité, puisque M. Chevreul l'avait découvert dans la graisse du dauphin avant de l'avoir trouvé dans le *Viburnum*, et, plus tard, Grote dans la *valériane*.

D'ailleurs, l'acide acétique, entre autres, que j'avais entrevu, méritait particulièrement d'être nettement caractérisé. Les auteurs [1] admettent à la vérité que cet acide existe dans le règne végétal. Suivant Vauquelin et Hermbstaedt il est contenu, quoique en petite quantité, dans la sève de beaucoup de plantes; mais on ne paraît pas encore avoir cité une source végétale qui le fournisse un peu abondamment, et, si l'on note que l'on a confondu plusieurs acides avec lui, on comprendra l'insistance que j'ai mise à l'isoler et à le caractériser. Le Gingko lui-même fournit la preuve de ce que j'avance là.

Peschier s'était déjà occupé des fruits de cet arbre : il en avait extrait un acide qui fut nommé par lui du nom de *Gingkoïque* [2]. Trommsdorff [3], qui avait aussi étudié l'acide valérianique, pensait que l'acide en question n'était que l'acide acétique pur. Ce sont les seuls renseignements que j'aie pu me procurer sur l'histoire chimique du Gingko.

Le fruit du Gingko est de la grosseur et de la forme d'une petite prune; il est jaune à l'époque de sa maturité [4], presque comme une mirabelle, et se compose d'une enveloppe charnue assez épaisse, d'un noyau et d'une amande contenant un endosperme farineux [5].

---

[1] Thenard, Berzélius, Gmelin, Gerhardt. En 1851, M. Scheveizer (*Jahresbericht von J. Liebig und H. Kopp*, 1851, pag. 144) a découvert l'acide acétique dans le savon obtenu avec l'huile des graines de l'*Evonymus europæus*. Mais, d'après l'auteur, l'acide acétique serait contenu à l'état d'acétine dans cette huile, et non à l'état de liberté. Dans ces derniers temps, plusieurs savants ont trouvé l'acide acétique dans les eaux distillées de plusieurs plantes ou graines : M. Hantz, dans l'eau distillée des fleurs de *Matricaria chamomilla* et des sommités d'*Origanum majorana*; M. Wunder, dans celle d'*Anthemis nobilis*, des semences de l'*Alpinia cardamomum*, de carvi, de fenouil, de *semen-contra*, etc. (Voir *Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie*, nouvelle édition, II, pag. 881.)

[2] Voir Berzélius (édition de 1831, V, pag. 117); Thenard, 6e édit., IV, pag. 259.

[3] Wittstein; *Etymologisch-chemisches Handwörterbuch*, I, pag. 581.

[4] Le fruit du Gingko mûrit en octobre à Montpellier.

[5] Cet endosperme contient environ les 9/10 de son poids de fécule, dont les grains ont de 0mm,018 à 0mm,005 de diamètre. Cette fécule, observée au microscope, à la lumière polarisée, ne présente pas la croix noire que l'on remarque sur la fécule de pommes de terre. Mais si, comme le recommande M. Biot (*Annales de chimie et de physique*, (3), XI, pag. 101, en note), on la fait tremper pendant quelque temps dans l'eau acidulée de deux millièmes d'acide chlorhydrique, on voit très-bien apparaître la croix noire, surtout si l'on se sert, pour éclairer la préparation, de la lumière d'une lampe à gaz; dans ce cas, la croix est admirablement marquée.

L'enveloppe charnue fournit une pulpe presque liquide d'où l'on extrait un suc à peine coloré, franchement acide, et possédant l'odeur pénétrante dont j'ai parlé. Ceci démontre que les acides odorants qui y existent ne sont que le résultat de la maturation et de la végétation, et non celui d'une fermentation qui s'établirait après coup. Cela mérite d'être pris en considération, autrement le fait qui ressortira de cette analyse n'aurait plus la signification que je vois et que j'ai indiquée plus haut.

Dans mes premiers essais, j'ai distillé la totalité de la pulpe après en avoir séparé les noyaux. Il y a là un inconvénient grave : on n'évite pas facilement le roussissement d'une partie des matières solides. Je vais donc décrire la manière dont j'ai traité les récoltes de **1861** et **1862**.

J'ai opéré chaque fois sur environ **30** kilogrammes de pulpe qui ont fourni, par écoulement spontané et par expression, **20** à **25** litres de jus. Les marcs ont été lavés à deux reprises avec **12** litres d'eau chaque fois. Tous ces liquides furent réunis ; on les distilla. Après avoir recueilli le huitième du contenu de l'alambic, on ajoutait un volume égal d'eau dans cet alambic ; un nouveau huitième était recueilli, que l'on remplaçait par le même volume d'eau, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on eût obtenu autant de liquide distillé qu'il en avait été primitivement introduit dans la cucurbite. Après cela le résidu fut additionné de **100** grammes d'acide sulfurique étendu dans **4** litres d'eau par **20** litres de jus, et, par une nouvelle distillation, on retira les deux tiers du contenu de l'appareil. A la fin de ces traitements, le produit distillé n'était plus que faiblement acide.

Les liqueurs distillées furent saturées par le carbonate de soude et concentrées dans une marmite de fonte. La saturation avait exigé pour deux récoltes près de **600** grammes de cristaux de soude. Lorsque le volume de la dissolution saline se fut réduit à **3** litres environ, on filtra, et l'évaporation fut achevée dans une capsule de porcelaine. Le produit, étant devenu sirupeux, fut abandonné pendant huit jours, dans l'espoir de faire cristalliser quelqu'un des sels. Ce fut en vain, à peine quelques croûtes cristallines se formèrent ; on ne les sépara point, et le mélange fut traité comme suit.

Le procédé que j'ai suivi pour séparer les acides volatils de leurs sels de soude, ne diffère pas essentiellement sans doute de celui que l'on adopte habituellement ; mais comme il m'a réussi, je vais le décrire succinctement.

La dissolution sirupeuse des sels de soude a été versée dans un entonnoir à robinet et traitée par une quantité d'acide sulfurique, additionnée de deux équivalents d'eau, suffisante pour transformer la base en bisulfate. Il vint à la surface une couche huileuse qui devait contenir les acides les moins solubles (A). La partie aqueuse devait contenir les acides les plus solubles; elle fut distillée et les acides obtenus saturés par un poids connu de carbonate de soude. La nouvelle liqueur ne fournit pas encore de cristaux par la concentration; lorsqu'elle fut ramenée à l'état sirupeux, on la traita, comme plus haut, par l'acide sulfurique, et l'on obtint une couche huileuse nouvelle (B).

La partie aqueuse séparée de (B) a été distillée pour en séparer les acides volatils plus solubles (C).

Les acides (A) et (B) ont été soumis à la distillation fractionnée; tous les produits passant après 140 degrés ont été réunis; les produits passant avant 140 degrés ont été réunis à (C).

Les acides contenus dans (C) ont été très-exactement saturés par le carbonate de soude : la dissolution évaporée abandonna bientôt de belles aiguilles prismatiques d'acétate de soude. Par des cristallisations et recristallisations, l'acétate de soude fut obtenu très-pur, et il resta une partie incristallisable qui ne pouvait plus être formée que de formiate, de propionate, d'un peu de butyrate avec quelque reste d'acétate.

Les sels de soude incristallisables de (C) ayant été distillés avec une quantité d'acide sulfurique capable de saturer seulement le quart de la soude, ont donné un acide dont le sel de soude, très-soluble, se comporta comme le formiate : réduction du nitrate d'argent, dégagement d'oxyde de carbone par l'acide sulfurique concentré.

Voilà donc déjà deux acides intéressants dans le mélange :

L'acide formique,
L'acide acétique.

La quantité d'acétate de soude qui a été obtenue était d'environ 80 gram., en beaux cristaux caractéristiques. Ce sel a été fondu : il possède la curieuse propriété, signalée par M. Reischauer dans l'acétate de soude fondu, d'attirer l'humidité et d'être déliquescent.

Nous reviendrons tout à l'heure sur le dernier reste des sels de soude.

Les acides (A) et (B) réunis, qui commençaient à bouillir à 140 degrés, furent réduits, par distillation fractionnée, en produits passant avant 160 degrés, et finalement en acide butyrique et acide caproïque.

J'ai obtenu 124 grammes d'acide butyrique distillant tout entier entre 159 et 161 degrés. J'ai analysé le butyrate de baryte formé par cet acide, et j'ai acquis la conviction qu'il était pur. D'ailleurs cet acide a déjà été signalé par M. Chevreul, et il n'y a pas lieu d'insister.

La quantité d'acide caproïque pur que j'ai isolée a été de près de 30 gram., bouillant intégralement entre 200 et 202 degrés. J'en ai préparé le sel de baryte que j'ai obtenu cristallisé sous ses deux formes, en lames brillantes et en aiguilles d'une grande blancheur. Ces aiguilles sont anhydres ; elles ont fourni 63,47 pour cent de sulfate de baryte, le calcul exige 63,5. J'ai profité de l'occasion pour préparer le chlorure de caproïde, dont il sera question plus loin.

Voilà deux nouveaux acides dans le mélange :

Le butyrique,

Le caproïque.

Tout ce qui, dans cette dernière distillation, avait passé avant 160 degrés, fut encore rectifié en mettant à part tout ce qui passait avant cette température. On en sépara encore beaucoup d'acide butyrique ; finalement, tout ce qui distillait entre 110 et 130 degrés fut réuni aux sels de soude (C). Quant aux produits intermédiaires entre l'acide caproïque et l'acide butyrique, ils devaient ou pouvaient contenir l'acide valérique : ils furent transformés en sels de baryte et traités par la méthode de M. Chevreul ; le caproate cristallisa d'abord ; on le sépara aussi complètement que possible. La partie très-soluble des sels de baryte qui cristallisèrent ensuite était formée de butyrate et de valérate : les acides furent séparés ; la partie la moins soluble a été soumise à la distillation. J'ai ainsi isolé une petite quantité d'un acide qui possédait l'odeur particulière de l'acide valérianique. Cet acide n'existe qu'en petite quantité dans le Gingko.

Il faut donc noter l'acide valérianique parmi les acides volatils des fruits du Gingko[1] ; mais au-dessus de l'acide caproïque il existe une petite quantité

[1] Dans la note de M. Chevreul que j'ai citée, on voit que l'illustre académicien, frappé de l'odeur butyrique qu'exhalent les fruits du *Gingko biloba*, chargea M. Cloëz de rechercher

d'un autre acide ; car, après la distillation de cet acide, le thermomètre monte très-rapidement, à la fin, au-dessus de 120 degrés : peut-être est-ce l'acide caprylique [1] ?

Tous les produits acides qui dans les dernières distillations fractionnées avaient distillé entre 110 et 130 degrés et ne fournissaient plus d'acide butyrique, furent réunis aux acides des sels de soude dont nous avons parlé plus haut, et qui avaient été séparés de l'acétate et du formiate. On a exactement saturé par le carbonate de soude. Il se fit une nouvelle cristallisation d'acétate de soude. Les dernières eaux-mères refusèrent obstinément de cristalliser. On les distilla de nouveau avec de l'acide sulfurique étendu, et on transforma en sels de baryte les liqueurs acides qui avaient distillé. Ce qui cristallisa d'abord n'était que du butyrate, ainsi que le montra le dosage de la baryte ; mais les derniers cristaux donnèrent constamment un peu plus de baryte que n'en exige le butyrate ; ainsi, j'ai obtenu 76 et 78 pour cent de sulfate de baryte ; le butyrate veut 74 et le propionate 82. Lorsque la concentration des liquides était telle que le butyrate devait cristalliser et que néanmoins rien ne se séparait plus (on sait que le propionate est plus soluble que le butyrate), elles furent décomposées par l'acide sulfurique et distillées : le produit de la distillation n'avait plus l'odeur butyrique, l'odeur acétique était plus franche ; il fut saturé par le carbonate de plomb. Les liqueurs plombiques, rapprochées avec précaution dans une étuve, ne cristallisèrent jamais ; le sel était non-seulement incristallisable, mais il se réduisit en un résidu gommeux ! La saveur de ce sel gommeux était

---

l'acide butyrique, qui y fut constaté, et lui-même nous dit qu'il n'y reconnut par l'odorat seulement l'odeur d'autres acides pareillement volatils. « L'observation que je communique à l'Académie, continue M. Chevreul, acquiert quelque intérêt de la découverte que je fis en 1818 de la présence de l'acide phocénique dans le fruit du *Viburnum opulus* qui avait dépassé la maturité ; il m'a paru que le fruit du Gingko était dans le même cas. »

[1] Quand on distille les acides supérieurs (A) et (B), il arrive, dans les premières rectifications, que le thermomètre monte au-dessus de 220° ; dans ce cas-là, ce qui reste dans la cornue est un savon de soude qui avait été dissous par les acides, et, entraîné avec eux, il avait échappé à l'action de l'acide sulfurique : il convient alors de distiller ce savon avec un peu d'acide tartrique, ou mieux d'acide phosphorique. Le produit que je considère comme l'acide caprylique distillait sans laisser de résidu appréciable.

douce, et il était extrêmement soluble dans l'eau. Est-il permis de conclure de là à l'existence de l'acide propionique, qui, suivant MM. Frankland et Kolbe, forme avec l'oxyde de plomb un sel dont la saveur est douce, et se dessèche en une masse blanche sans donner de cristaux? Par tout ce que j'ai observé dans les distillations; par le fait que toujours les sels de soude, de baryte et d'oxyde de plomb de ce dernier acide étaient bien plus solubles que tous les autres de la série, notamment les faits que le sel de soude et celui d'oxyde de plomb sont absolument incristallisables, le premier déliquescent, je suis porté à croire que l'acide propionique existe au nombre des acides du fruit du Gingko. Malheureusement, j'ai obtenu en dernier lieu trop peu de cet acide pour achever d'établir son identité. Sauf la restriction relative à l'acide propionique et à l'acide caprylique, il y a donc dans le fruit du Gingko la série fort remarquable des acides suivants:

Acide formique	C^2HO^3,HO.
— acétique	$C^4H^3O^3,HO$
— propionique?	$C^6H^5O^3,HO$
— butyrique	$C^8H^7O^3,HO$
— valérique	$C^{10}H^9O^3,HO$
— caproïque	$C^{12}H^{11}O^3,HO$
— caprylique?	$C^{14}H^{13}O^3,HO$.

où dominent l'acide butyrique, l'acétique et le caproïque. Je me propose bien de profiter de cette étude pour rechercher, l'année prochaine, plus spécialement l'acide propionique et les acides supérieurs au caproïque. C'est une chose singulière que l'abondance de certains de ces acides et la moindre quantité des autres: ne dirait-on pas que certains termes ne servent que de transition? que, par exemple, le radical propionyle a une grande tendance à passer au butyryle?

Chlorure de Caproïle = $C^{12}H^{11}O^2Cl$.

J'ai dit plus haut que j'avais profité de l'occasion pour préparer le chlorure de caproïle. Pour cela, j'ai suivi le procédé que j'ai publié dans les *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences*, tom. XLII, pag. 224, et qui consiste à traiter les acides monohydratés par le protochlorure de phosphore ou le protobromure, suivant que l'on veut obtenir les chlorures ou les

bromures des radicaux organiques des acides volatils. J'ai donc traité l'acide caproïque monohydraté, le caproate d'eau, par le protochlorure de phosphore (100 parties d'acide pour 58 de PCl^3) d'après l'équation contractée :

$$2C^{12}H^{11}O^3HO + PCl^3 = HCl + 2C^{12}H^{11}O^2Cl + PO^3HO.$$

en employant un léger excès du premier. Les deux liquides se dissolvent l'un dans l'autre sans réaction apparente ; mais si l'on chauffe au bain-marie, à 60 degrés, il se dégage de l'acide chlorhydrique. On continue de chauffer tant que ce gaz se dégage. Bientôt on voit se former deux couches ; l'inférieure s'épaissit de plus en plus, c'est de l'acide phosphoreux, mélange d'acide anhydre et d'acide hydraté. La supérieure est du chlorure de caproïle, que l'on décante lorsque la réaction est terminée, et que l'on purifie en le rectifiant.

Le chlorure de caproïle est un liquide incolore très-mobile, d'une odeur désagréable, fumant beaucoup moins à l'air que celui de butyryle et même que celui de valéryle, d'une densité très-peu supérieure à celle de l'eau, car il descend lentement dans ce liquide pour s'y détruire en acide chlorhydrique et acide caproïque hydraté, à la façon de ses homologues, quoique avec plus de lenteur, comme on pouvait le prévoir. Son point d'ébullition est situé entre 136 et 140 degrés ; mais à chaque rectification une petite quantité se décompose, et ce qui reste dans la cornue répand une odeur suave et éthérée.

Le chlorure de caproïle ainsi obtenu a été traité par l'alcool absolu ; il se dégagea beaucoup d'acide chlorhydrique ; la réaction étant terminée, j'ai ajouté de l'eau et séparé le caproate d'oxyde d'éthyle avec les propriétés qu'on lui connaît : son odeur était suave et son point d'ébullition situé entre 160 et 162 degrés. Pas de doute, l'acide que j'ai obtenu était le caproïque, et la combinaison chlorée, le chlorure de caproïle.

Telle est donc, en définitive, la composition du mélange d'acides gras que fournit le fruit du *Gingko biloba*. Pour terminer l'analyse de ce fruit singulier, il y aurait encore à étudier les autres substances qui s'y trouvent. Ainsi, le jus filtré contient environ le quart de son poids de matières solides, et le résidu de la dessiccation, qui est sans odeur sensible, développe une

légère odeur d'acides gras lorsqu'on le traite par l'acide sulfurique moyennement étendu : les acides y sont donc en partie libres et en partie combinés. Le jus dévie à gauche le plan de polarisation de la lumière. Enfin, une substance résineuse et insoluble dans l'eau existe en assez grande quantité dans la pulpe. Je termine ce travail par les considérations suivantes qu'il a suggérées à M. Martins.

« L'analyse de la partie charnue des fruits du *Gingko* intéresse les botanistes autant que les chimistes, dit M. Ch. Martins. En effet, la place de cet arbre dans l'ordre naturel n'est pas encore parfaitement fixée : on est d'accord pour le placer dans la famille des Conifères et la section des Taxinées ; mais il semble faire le passage de cette section aux Amentacées par les Corylacées. Son fruit, de la grosseur d'une petite prune, d'abord vert, puis jaune, se compose : 1° d'une enveloppe charnue assez épaisse ; 2° d'un noyau ; 3° d'une amande contenant un endosperme farineux qui entoure l'embryon. Les botanistes ne sont pas d'accord sur la nature de cette enveloppe charnue qui a fait le sujet de cette analyse. En effet, pour les uns, tels que Claude Richard, Baillon, Parlatore, le Gingko porte de véritables fruits : l'enveloppe charnue est un péricarpe avec un endocarpe osseux renfermant une graine ; c'est une drupe, un fruit analogue à la prune ou à la cerise. Mais la plupart des auteurs ont adopté les vues de Robert Brown, qui considère ce fruit comme une graine *nue* dépourvue de péricarpe. La partie charnue, analysée par M. Béchamp, serait alors un épisperme charnu analogue à celui des graines de la grenade. Cette analyse sera enregistrée par les botanistes, car elle peut contribuer à la solution d'une question d'organographie végétale du plus grand intérêt, celle de la véritable nature des fruits du Gingko en particulier, et des Conifères en général. »

RÉSUMÉ

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

PENDANT L'ANNÉE 1862;

Par M. Édouard ROCHE.

Ces observations ont été continuées en 1862 avec la même régularité que par le passé. Nous allons les résumer ici en les comparant aux années précédentes.

Baromètre. — Les hauteurs barométriques ont été ramenées à la température zéro. Si l'on voulait, de plus, les réduire au niveau de la mer, il faudrait les augmenter de $5^{mm},6$.

La plus grande hauteur observée en 1862 a été $771^{mm},3$ le 17 décembre à midi, ainsi que le 26 décembre à huit heures du matin et à midi. La plus petite hauteur a été $734^{mm},7$ le 25 novembre à huit heures du matin.

ANNÉES.	HAUTEUR MOYENNE DU BAROMÈTRE.			TEMPÉRATURE moyenne.
	8 h. du matin.	Midi.	4 h. du soir.	
1857	757,24	756,99	756,32	14,06
1858	57,03	56,64	56,00	14,55
1859	57,48	57,20	56,52	15,09
1860	55,85	55,59	54,99	13,55
1861	57,60	57,41	56,67	14,90
1862	56,81	56,57	55,95	14,97
Moyenne.	757,00	756,73	756,07	14,52

Ainsi le baromètre s'est tenu cette année un peu au-dessous de la moyenne.

Thermomètre. — La température moyenne de 1862, conclue de la demi-somme du maximum et du minimum de chaque jour, a été d'environ 15° centigrades, c'est-à-dire supérieure de près d'un demi-degré à la moyenne des six dernières années. Cela tient à ce que l'hiver a été généralement doux, et surtout le printemps; les autres saisons ont été un peu au-dessous de la moyenne.

ANNÉES.	TEMPÉRATURE MOYENNE.			
	Hiver.	Printemps.	Été.	Automne.
1857	5,8	12,3	22,8	15,4
1858	5,6	14,0	23,3	15,2
1859	6,8	14,3	24,5	15,8
1860	5,4	12,5	21,4	14,3
1861	6,7	14,1	22,8	15,6
1862	7,2	15,4	22,5	14,9
Moyenne.	6,2	13,8	22,9	15,2

Suivant l'usage, nous avons formé l'hiver des mois de décembre, janvier et février, et ainsi de suite. Pour obtenir la température de l'hiver 1857, il a fallu emprunter celle de décembre 1856 à des observations faites hors de la Faculté des sciences.

La plus basse température de 1862 a été —7° le 19 janvier, le 10 et le 11 février. La plus haute a été 35°,5 le 21 juillet.

Les jours les plus froids ont été les 9 et 10 février, avec une température moyenne de —2°,5. La température moyenne est restée au-dessous de zéro les 18, 19 et 20 janvier, les 9, 10 et 11 février. — Les jours les plus chauds ont été les 20, 21, 24, 25, 26 et 27 juillet avec une température moyenne d'environ 28°.

Il y a eu dans l'année 15 jours de gelée. Le thermomètre est monté 27 fois au-dessus de 30°.

ANNÉES.	JOURS de gelée.	JOURS au-dessus de 30°.	JOURS de neige.	JOURS d'orage.
1857	32	31	3	15
1858	32	46	1	11
1859	28	50	1	15
1860	27	17	4	9
1861	18	40	1	9
1862	15	27	0	14
Moyenne.	25	35	2	12

État du ciel. — On a compté en 1862, 176 jours où le ciel a été généralement beau, 110 nuageux et 79 couverts. — Il y a eu 86 jours de pluie. — Ces nombres s'écartent peu de la moyenne des six ans, bien que l'année actuelle ait été extraordinaire sous le rapport de la quantité d'eau. Cela tient à ce qu'il y a eu des pluies torrentielles ; car, eu égard au nombre des jours où il a plu, l'année 1862 a été moins pluvieuse que 1860 et 1857.

ANNÉES.	NOMBRE DES JOURS			JOURS de pluie.	PLUIE en millimèt.
	Beaux.	Nuageux.	Couverts.		
1857	161	98	106	92	1247
1858	196	99	70	77	643
1859	175	110	80	73	506
1860	148	128	90	90	1006
1861	189	97	79	68	842
1862	176	110	79	86	1299
Moyenne.	174	107	84	81	924

C'est ici le lieu d'observer que nous comptons comme *jours de pluie* tous ceux où il a plu, quelle que soit la quantité d'eau recueillie. Il ne faut donc pas considérer nos jours de pluie comme étant entièrement *pluvieux;*

et cela explique pourquoi le nombre des jours de pluie, dans le tableau, surpasse quelquefois celui des jours couverts. — Le nombre des jours tout à fait pluvieux est notablement inférieur : il a été de 60 cette année.

Pluie. — L'eau tombée en 1862 représente une épaisseur de $1^m,299$. C'est la plus grande quantité de pluie de nos six ans. L'année 1857, qui fut remarquée comme éminemment pluvieuse, n'avait donné que $1^m,247$. Il est même douteux que le chiffre de 1862 ait jamais été dépassé ; car, dans les trente-deux années d'observations de Poitevin, la plus forte quantité d'eau est $1^m,208$ en 1790, où le mois de novembre seul donne $0^m,486$.

L'automne 1862 a fourni à lui seul environ $0^m,800$, c'est-à-dire plus qu'une année commune. Dans ces trois mois il y a eu 32 jours de pluie, et plusieurs de ces pluies ont été extraordinaires.

Ainsi, dans la matinée du 18 septembre, il est tombé 80 millimètres d'eau ; — le 25 novembre, en vingt-quatre heures, 77 millimètres ; — les 29, 30 novembre et 1er décembre, en tout 189 millimètres. — Enfin, pendant l'orage du 11 octobre, en moins de douze heures, 225 millimètres. Dans certains quartiers de la ville on a eu des quantités d'eau encore plus grandes ; par exemple, à l'École normale, faubourg Boutonnet, 233 millim.

Les pluies torrentielles, comme celle du 11 octobre, ne sont pas sans exemple à Montpellier, car Poitevin mentionne la journée du 15 décembre 1768 qui donne aussi $0^m,225$ d'eau.

Vent. — Les vents du nord ont été cette année deux fois plus fréquents que les vents du sud ; les vents d'est ont été plus fréquents que les vents d'ouest dans le rapport de 11 à 10.

Hygromètre. — Les plus basses indications de l'hygromètre à cheveu ont été : $40°,6$ le 2 octobre à midi, $40°$ le 2 avril à huit heures du matin et le 8 février à midi, $39°$ le 9 février à quatre heures du soir et le 17 avril à midi.

Phénomènes accidentels. — Il n'est pas tombé de neige cette année. — On a compté 14 orages. — Il y a eu une belle aurore boréale dans la soirée du 14 décembre.

SUR LES CHLORURES

DE

SALICYLE ET DE NITROSALICYLE;

Par M. A. MOITESSIER.

L'action que le perchlorure de phosphore exerce sur l'acide salicylique a depuis longtemps été l'objet d'un grand nombre de recherches, et les chimistes qui ont étudié cette question ont été conduits à des résultats fort différents et en apparence contradictoires. Chiozza a signalé le premier, en 1852 [1], la formation d'un produit chloré qu'il considère comme un chlorhydrate d'acide benzoïque monochloré, et qu'il représente par la formule $C^7H^5ClO^2.HCl$.

Cette substance, qui se dédouble au contact de l'eau en acides chlorhydrique et chlorobenzoïque, pourrait être cependant du chlorure de chlorobenzoïle $C^7H^4ClO.Cl$; mais Chiozza fait observer que, dans cette hypothèse, sa formation serait plus difficile à expliquer.

Plus tard [2], en faisant réagir le perchlorure de phosphore sur le salicylate de méthyle, Gerhardt obtint une substance dont les propriétés étaient celles du chlorure de salicyle. Ce corps se dédouble facilement, en effet, sous

[1] *Annales de chimie et de physique*, 3e série, tom. XXXVI.

[2] *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, tom. XXXVIII.

l'influence de l'eau ou des bases en acide salicylique et acide chlorhydrique, et transforme les alcools en éthers salicyliques. Malheureusement la facile altérabilité du nouveau produit n'en permettait pas la purification, et ses propriétés seules pouvaient conduire à établir sa constitution.

En 1858, Couper[1] arriva à des résultats complètement différents, qui l'amenèrent à douter des faits annoncés par Gerhardt. C'est ainsi qu'en soumettant un équivalent de salicylate de méthyle ou d'acide salicylique à l'action de deux équivalents de perchlorure de phosphore, Couper a obtenu un composé liquide volatil, bouillant vers 290°, auquel il a donné le nom de trichlorophosphate de salicyle, et qu'il représente par la formule $C^7H^4Cl^3PO^3$. A une température supérieure à 300°, il se produit une substance d'une composition différente, désignée par ce chimiste sous le nom de monochlorophosphate de salicyle $C^7H^4O^4PCl$. L'action lente de l'humidité sur ces divers produits donnerait naissance à un acide nouveau, l'acide phosphosalicylique, représenté par la formule $C^7H^7PO^6$.

Enfin, en répétant l'expérience de Couper, Kolbe et Lautemann[2] ont obtenu un nouveau produit correspondant à la formule $C^7H^4Cl^4$, et auquel ils ont donné le nom de trichlorure de chlorosalyle (*chlorsalytrichlorid*). Ils ont de plus démontré que le composé obtenu par Chiozza, et considéré par ce chimiste comme du chlorure chlorobenzoïque, était le chlorure d'un acide particulier, acide chlorosalilyque (*chlorsalylsaüre*) isomère du premier, mais en différant par quelques-unes de ses propriétés. Cette nouvelle substance, soumise à l'action de l'amalgame de sodium, échange son chlore pour de l'hydrogène, et donne naissance à l'acide salilyque isomère de l'acide benzoïque, dont il se rapproche beaucoup aussi par ses caractères.

Comme on le voit par ce court exposé, l'action du perchlorure de phosphore sur l'acide salicylique est extrêmement complexe, et peut donner naissance aux produits les plus variés, selon les proportions relatives des corps mis en présence, et probablement aussi selon la température à laquelle s'effectue la réaction. Le plus souvent même, les divers produits que je viens de signaler prennent naissance simultanément, et il est très-difficile

---

[1] *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, tom. XLVI.

[2] *Annalen der Chemie und Pharmacie*, tom. CXV,

d'isoler celui que l'on a en vue d'obtenir. Ayant éprouvé des difficultés de ce genre dans la préparation du chlorure de salicyle, j'ai dû essayer de produire ce composé par un procédé différent de celui indiqué par Gerhardt; cela m'a conduit à appliquer à l'acide nitrosalicylique l'action des mêmes moyens, et à obtenir le chlorure de nitrosalicyle. Enfin, n'ayant pu analyser directement ces substances, j'ai dû avoir recours à l'étude de quelques dérivés pour démontrer leur constitution, ce qui m'a permis de préparer plusieurs composés nouveaux; ce sont les résultats de ces recherches que je vais exposer dans ce travail.

Chlorure de salicyle. — J'ai appliqué à la préparation du chlorure de salicyle la méthode indiquée par M. Béchamp [1] pour la formation de la plupart des chlorures d'acide, et fondée sur l'action que le protochlorure de phosphore exerce sur les acides hydratés. Un mélange d'acide salicylique et de protochlorure de phosphore réagit avec énergie à la température de 80° environ; de l'acide chlorhydrique se dégage en abondance, et l'on obtient du chlorure de salicyle mélangé à de l'acide phosphoreux. L'équation qui suit rend compte de cette réaction :

$$\underset{\text{Acide salicylique.}}{6(C^7H^6O^3)} + 3PCl^3 = \underset{\text{Chlorure de salicyle.}}{6(C^7H^5O^2Cl)} + PH^3O^3 + P^2O^3 + 3HCl.$$

L'opération doit être conduite de la manière suivante : on place dans un ballon bien sec une partie d'acide salicylique pulvérisé et deux parties de protochlorure de phosphore parfaitement exempt de perchlorure, et surtout de phosphore. Le ballon est placé dans un bain-marie, et mis en communication avec un réfrigérant disposé de telle façon que le liquide volatilisé retombe dans le ballon. Dès que l'eau du bain-marie atteint la température de 70° ou 80°, une vive réaction s'établit, et de l'acide chlorhydrique se dégage en abondance. Il est bon d'opérer à la plus basse température possible, sans cette précaution le produit brunit et s'altère souvent profondément. Dès que tout dégagement de gaz a cessé, on enlève le réfrigérant, et on continue à chauffer le ballon, en dirigeant dans son intérieur un courant

[1] *Comptes rendus de l'Académie des sciences.*

d'air parfaitement desséché. On chasse ainsi presque tout l'excès de perchlorure de phosphore, et l'on obtient pour résidu une masse visqueuse consistant en un mélange de chlorure de salicyle, d'acide phosphoreux anhydre, d'acide phosphoreux hydraté, et d'un peu de chlorure de phosphore. Ce mélange est repris par de l'éther complètement déshydraté qui ne dissout que le chlorure de salicyle et le chlorure de phosphore. On chasse l'éther par l'évaporation dans un courant d'air sec, et l'on soumet le résidu deux ou trois fois au même traitement. On obtient ainsi un liquide huileux qui est le chlorure de salicyle à peu près pur.

Le procédé d'extraction que je viens d'indiquer est celui auquel j'ai dû m'arrêter comme donnant les meilleurs résultats; il m'a cependant été impossible d'obtenir par cette méthode un produit parfaitement pur et susceptible d'être analysé; il renfermait toujours des traces de chlorure de phosphore qu'il retenait avec force, et qu'on ne pouvait lui enlever qu'à une température où la substance commençait à se détruire. Aussi ai-je dû renoncer à déterminer directement la composition du chlorure de salicyle; mais, comme on le verra plus loin, l'analyse d'un de ses dérivés m'a permis d'établir sa constitution.

Ainsi obtenu, le chlorure de salicyle se présente sous la forme d'un liquide huileux très-légèrement jaunâtre, plus pesant que l'eau. Il ne peut être distillé sans altération; il commence à brunir vers 110°, et se décompose à une plus haute température, en dégageant de l'acide chlorhydrique en même temps qu'un liquide fumant qui est probablement un mélange des divers produits signalés par Chiozza, Kolbe et Lautemann. Au contact de l'eau, il se dédouble immédiatement, même à la température ordinaire, en acides chlorhydrique et salicylique; l'air humide produit la même transformation avec une grande rapidité.

L'alcool absolu réagit énergiquement sur ce composé et donne naissance à un corps liquide présentant tous les caractères du salicylate d'éthyle. Gerhardt avait déjà indiqué comme avantageux ce procédé de préparation de l'éther éthyl-salicylique. Les alcools méthylique et amylique se comportent de la même manière, en produisant les éthers correspondants.

L'ammoniaque gazeuse ou le carbonate d'ammoniaque mis en présence du chlorure de salicyle déterminent une élévation considérable de température,

et la masse noircit bientôt en se charbonnant, si l'on n'a soin de refroidir fortement le mélange. La réaction s'effectue au contraire très-nettement, si l'on fait arriver du gaz ammoniac sec dans une dissolution éthérée de chlorure de salicyle placée dans un bain d'eau froide. L'évaporation de l'éther laisse un résidu composé de chlorure d'ammonium et de salicylamide qu'il est facile d'obtenir pure par quelques lavages à l'eau froide. Il m'a paru inutile de soumettre à l'analyse ce composé, qui partage d'ailleurs toutes les propriétés de la salicylamide obtenue par Cahours[1], en traitant par l'ammoniaque le salicylate de méthyle.

Anilide salicylique. — L'aniline se comporte comme l'ammoniaque à l'égard du chlorure de salicyle, en donnant naissance à un composé nouveau, la salicyl-anilide ; la réaction est toutefois beaucoup moins énergique. L'équation suivante rend compte de la formation de cette substance :

$$\underset{\text{Chlorure de salicyle.}}{C^7H^5O^2Cl} + 2\underset{\text{Aniline.}}{C^6H^7N} = \underset{\text{Salicyl-anilide.}}{C^{13}H^{11}O^2N} + C^6H^7N.\,HCl.$$

On prépare facilement la salicyl-anilide en versant goutte à goutte du chlorure de salicyle dans de l'aniline sèche employée en léger excès ; les deux corps se combinent avec dégagement de chaleur, et le mélange devient solide au bout de quelques instants. On dissout alors la masse dans l'alcool et on y ajoute un peu d'acide acétique pour saturer l'aniline en excès ; on mélange enfin la solution alcoolique avec de l'eau qui précipite une matière blanche cristalline. Ce précipité, recueilli sur un filtre et lavé à l'eau froide, constitue la salicyl-anilide. On l'obtient tout à fait pure par une ou deux cristallisations dans l'alcool.

Cette substance se présente sous la forme de cristaux blancs anhydres solubles dans l'alcool et l'éther, complètement insolubles dans l'eau froide ; l'eau bouillante en dissout des traces qu'elle dépose par le refroidissement. Elle fond à 123° en un liquide citrin, qui se solidifie en une masse cristalline en se refroidissant. Le liquide commence à brunir à 150° et se décompose vers 200°, en dégageant des vapeurs alcalines. Une solution alcoolique

[1] *Annales de physique et de chimie*, 3e série, tom. X.

de salicyl-anilide colore en violet le perchlorure de fer comme l'acide salicylique. Une dissolution dans l'eau bouillante produit avec le même réactif une coloration rougeâtre.

Les alcalis caustiques la dissolvent à froid sans l'altérer, les acides la précipitent de nouveau de cette dissolution ; je n'ai pu obtenir toutefois de combinaisons définies. A l'ébullition, au contraire, ces agents la dédoublent en aniline et salicylate alcalin. Les acides minéraux étendus produisent à chaud la même transformation.

Les analyses suivantes établissent la composition de cette substance :

I. 0,335 de matière ont donné 0,889 d'acide carbonique et 0,162 d'eau.
II. 0,310 de matière ont donné 0,831 d'acide carbonique et 0,149 d'eau.
III. 0,488 de matière ont donné 27cc,75 de gaz azote mesuré à la température de 14° et à la pression de 759,5.

Ces résultats, traduits en centièmes, conduisent aux rapports suivants :

	I.	II.	III.	Calcul : ($C^{13}H^{11}NO^2$)
Carbone.....	72,76	73,07	»	73,24
Hydrogène...	5,37	5,34	»	5,16
Azote.....	»	»	6,68	6,57
Oxygène....	»	»	»	15,03
				100,00

Salicylure de salyle. — Les résultats que je viens d'exposer ne permettent pas de douter que la substance que j'ai obtenue ne soit réellement le chlorure de salicyle, et ils viennent appuyer les preuves données depuis longtemps déjà par Gerhardt et Drion, en faveur de l'existence de ce composé. J'avais espéré, et c'était là le but principal de cette étude, pouvoir obtenir le salicyle lui-même, en faisant réagir le chlorure sur l'hydrure de salicyle. Mes prévisions à cet égard ne se sont pas réalisées. Le composé qui se forme dans ces circonstances n'est autre chose que le corps découvert par Ettling[1] parmi les produits de décomposition du salicylure de cuivre, et préparé plus tard par Cahours[2], en faisant réagir le chlorure de benzoïle sur le salicylure de cuivre.

[1] Ettling; *Annalen der Chemie*, tom. LIII.
[2] Cahours; *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, tom. XXXII.

Lorsqu'on mélange de l'hydrure et du chlorure de salicyle, aucune réaction ne se manifeste à la température ordinaire, si le chlorure employé est suffisamment pur ; l'action est au contraire extrêmement énergique s'il renferme des proportions notables de chlorure de phosphore et d'acide phosphoreux; dans ce cas, la matière noircit et s'enflamme quelquefois. Si on fait usage de produits purs et qu'on chauffe le mélange au bain-marie, la réaction s'établit vers 80° ; de l'acide chlorhydrique se dégage en même temps que la masse prend une couleur verte et devient de plus en plus visqueuse ; elle se solidifie complètement par le refroidissement. On la pulvérise alors et on la traite par une lessive faible de potasse caustique qui laisse un résidu jaunâtre insoluble. Ce précipité lavé à l'eau froide cristallise dans l'alcool bouillant en prismes durs et brillants que l'on purifie par une ou deux cristallisations. Cette substance ne se produit toutefois qu'en très-faible proportion dans la réaction que je viens d'indiquer ; il se forme en même temps une grande quantité de matières résineuses qu'il m'a été impossible de purifier.

Les cristaux ainsi obtenus sont des prismes aplatis, incolores, très-brillants, qui fondent vers 130° en un liquide jaunâtre. Ils sont très-solubles dans l'alcool bouillant, très-peu solubles dans l'alcool froid. L'eau ne les dissout pas sensiblement. Les alcalis caustiques sont en action sur eux même à la température de l'ébullition. L'acide nitrique les dissout à chaud en les transformant en acide picrique. Leur composition est exprimée par la formule $C^{14}H^{10}O^3$, comme le démontrent les analyses suivantes :

I. 0,293 de matière ont donné 0,801 d'acide carbonique et 0,125 d'eau. La substance analysée n'avait été purifiée que par deux cristallisations dans l'alcool et était légèrement colorée en jaune.

II. 0,207 de matière ont donné 0,561 d'acide carbonique et 0,088 d'eau. La substance avait été purifiée par deux nouvelles cristallisations et était complètement incolore.

Les nombres obtenus dans les analyses qui précèdent conduisent aux rapports suivants :

	I.	II.	Calcul : ($C^{14}H^{10}O^3$)
Carbone.....	74,58	73,91	74,34
Hydrogène.....	4,74	4,72	4,42
Oxygène.....	»	»	21,24
			100,00

D'après les résultats qui précèdent, la substance que j'ai obtenue par l'action du chlorure de salicyle sur l'hydrure du même radical, présente une composition et des propriétés identiques à celles du composé désigné par Ettling sous le nom de *parasalicyle*; il se confondrait également avec le *salicylure de benzoïle* de Cahours. Malgré cette identité apparente, il me paraît probable que ces divers produits ne représentent pas une seule individualité chimique, mais correspondent à plusieurs composés isomères. Les recherches de Kolbe et Lautemann, celles de Limpricht et Uslar, ont démontré en effet que la substance qui se produit dans certaines circonstances par l'action du perchlorure de phosphore sur l'acide salicylique n'est pas, comme on l'avait cru pendant longtemps, du chlorure de chlorobenzoïle, mais un isomère de ce dernier, susceptible de donner naissance à un nouvel acide (acide salilyque) isomère de l'acide benzoïque, et partageant la plupart de ses propriétés. L'acide salilyque se produit par l'action de la chaleur sur les composés salicyliques, et ses éléments concourent probablement à la constitution du parasalicyle découvert par Ettling parmi les produits de la distillation sèche du salicylate de cuivre. D'après cette hypothèse, la substance que j'ai obtenue serait, non-seulement isomère, mais encore identique avec la parasalicyle. Sa constitution peut être représentée par la formule $\left.\begin{matrix} C^7H^5O^2 \\ C^7H^6O \end{matrix}\right\}$ dérivant du type hydrogène; dans lequel un atome est remplacé par le radical salicyle, et un autre par le radical *salyle* isomère du benzoïle; ce serait du salicylure de salyle. Quant au composé de Cahours, son mode de formation doit le faire considérer comme du salicylure de benzoïle, et il ne différerait du premier qu'en ce que le radical salyle y serait remplacé par le benzoïle lui-même. Je ferai remarquer, enfin, que l'analogie extrême qui existe entre les acides salilyque et benzoïque, et qui se montre

dans presque toutes leurs propriétés, doit se rencontrer aussi dans celles de leurs dérivés ; il n'est donc pas étonnant que l'on n'ait pu encore découvrir aucun caractère qui permette de distinguer les divers produits qui précèdent.

Chlorure de nitrosalicyle.—L'acide nitrosalicylique soumis à l'action du protochlorure de phosphore, se comporte comme l'acide salicylique. La réaction s'établit vers 70° avec dégagement de gaz chlorhydrique, et donne naissance à du chlorure de nitrosalicyle, que l'on purifie de la même manière que le chlorure de salicyle. Il m'a cependant été impossible d'obtenir un produit complètement exempt de composés phosphorés, ce qui ne m'a pas permis de le soumettre à l'analyse.

Le chlorure de nitrosalicyle constitue un liquide légèrement visqueux, incolore, d'une odeur piquante. Il n'est pas volatil sans décomposition et brunit déjà vers 100° ; à une température plus élevée, il dégage de l'acide chlorhydrique et un liquide volatil qui est probablement analogue à celui que produit le chlorure de salicyle soumis aux mêmes conditions. L'eau l'altère avec une très-grande rapidité, même à froid, et le dédouble en acides chlorhydrique et nitrosalicylique ; l'air humide produit très-rapidement la même transformation.

L'alcool absolu réagit sur le chlorure de nitrosalicyle et donne un produit qui cristallise en aiguilles jaunâtres, et qui partage toutes les propriétés du nitrosalicylate d'éthyle.

L'ammoniaque gazeuse et le carbonate d'ammoniaque le transforment en nitrosalicylamide. J'ai soumis à l'analyse le produit de cette réaction, qui offrait d'ailleurs tous les caractères du composé obtenu par Cahours, en faisant agir l'ammoniaque sur le nitrosalicylate de méthyle.

0,285 de matière ont donné 0,479 d'acide carbonique et 0,090 d'eau.

Ces résultats conduisent aux rapports suivants :

		Calcul : ($C^7H^6N^2O^4$)
Carbone.....	45,83	46,16
Hydrogène.....	3,51	3,29
Azote.....	»	15,39
Oxygène.....	»	35,16
		100,00

Nitrosalicyl-anilide.—L'anilide nitrosalicylique $C^{13}N^{10}(NO^2)O^2N$ se produit, comme l'anilide salicylique, par la réaction de l'aniline sur le chlorure de nitrosalicyle. Le mélange de ces deux corps s'échauffe légèrement et se prend bientôt en une masse dure et résineuse ; on pulvérise celle-ci et on la lave avec un peu d'eau froide légèrement aiguisée par de l'acide acétique ; le résidu est enfin repris par de l'alcool bouillant qui laisse déposer par le refroidissement la nitrosalicyl-anilide sous forme de cristaux blancs.

Cette substance est soluble dans l'eau, l'alcool et l'éther. Ses dissolutions colorent en rouge de sang les persels de fer. Les alcalis caustiques la dédoublent facilement en aniline et acide nitrosalicylique. Une ébullition prolongée avec de l'eau produit la même transformation.

La petite quantité de matière dont je disposais ne m'a pas permis de doser tous les éléments contenus dans cette substance ; j'ai pu seulement faire une détermination de carbone et d'hydrogène, elle a donné les résultats suivants :

0,250 de matière ont donné 0,552 d'acide carbonique et 0,093 d'eau.

Ces nombres conduisent aux rapports suivants :

		Calcul : ($C^{13}H^{10}N^2O^4$)
Carbone.....	60,21	60,46
Hydrogène.....	4,13	3,88
Azote.....	»	10,85
Oxygène.....	»	24,81
		100,00

Des faits qui précèdent, il est permis de conclure que le composé qui prend naissance par l'action du protochlorure de phosphore sur l'acide nitrosalicylique est bien le chlorure de nitrosalicyle ; si la composition de cette substance n'a pu être directement établie, elle est suffisamment justifiée par l'ensemble de ses réactions et par l'analyse des dérivés que produisent l'ammoniaque et l'aniline.

SUR UNE GÉNÉRALISATION

DE

LA FORMULE DE TAYLOR,

Par M. Edouard ROCHE.

J'ai fait connaître dans ce Recueil[1], en 1858, une nouvelle forme du reste de la série de Taylor, laquelle comprend comme cas particuliers les deux formes habituellement employées. Si l'on pose

$$f(a+h) = f(a) + h f'(a) + \frac{h^2}{2} f''(a) + \ldots + \frac{h^n}{1.2\ldots n} f^n(a) + \mathrm{R}_n,$$

j'ai montré que le terme complémentaire peut être représenté par

$$\mathrm{R}_n = \frac{h^{n+1}(1-\theta)^{n-p}}{1.2\ldots n(p+1)} f^{n+1}(a+\theta h),$$

où θ est un nombre compris entre 0 et 1. Cette expression reproduit pour $p = n$ la forme ordinaire du reste ; celle de Cauchy s'obtient en faisant $p = 0$.

---

[1] Note sur la formule de Taylor. *Académie des Sciences et Lettres de Montpellier, Mémoires de la section des Sciences*, tom. IV, pag. 125. — *Journal de Mathématiques de M. Liouville*, tom. XXIII, pag. 271, juillet 1858.

A cette occasion, M. Schlömilch a rappelé [1] une formule remarquable par sa généralité, qu'il déduit du théorème de Cauchy sur le rapport des accroissements finis de deux fonctions. Cette formule est

$$R_n = \frac{\varphi(a+h) - \varphi(a)}{\varphi'(a+\theta h)} \frac{h^n (1-\theta)^n}{1.2....n} f^{n+1}(a+\theta h),$$

dans laquelle $\varphi(x)$ est une fonction arbitraire qu'il assujétit aux deux conditions suivantes : elle doit rester finie et continue depuis $x = a$ jusqu'à $x = a + h$; sa dérivée $\varphi'(x)$ doit dans le même intervalle rester finie, continue et différente de zéro.

Je me propose, dans la présente Note, de généraliser le théorème sur le rapport des accroissements finis de deux fonctions; et j'en conclurai, pour le reste de la série de Taylor, une expression tout à fait générale, savoir :

$$R_n = [\varphi(a+h) - \varphi(a) - \ldots - \frac{h^q}{1.2..q} \varphi^q(a)] \frac{1.2..q}{1.2..n} (h - \theta h)^{n-q} \frac{f^{n+1}(a+\theta h)}{\varphi^{q+1}(a+\theta h)}$$

$\varphi(x)$ désignant toujours une fonction arbitraire.

I

Je commencerai par rappeler une démonstration du théorème fondamental

$$\frac{f(a+h) - f(a)}{\varphi(a+h) - \varphi(a)} = \frac{f'(a+\theta h)}{\varphi'(a+\theta h)}; \qquad (1)$$

les fonctions $f(x)$, $\varphi(x)$, ainsi que leurs dérivées, sont supposées finies et continues de a à $a + h$. Désignant par R le premier membre de l'égalité, c'est-à-dire le rapport des accroissements correspondants des deux fonctions, il en résulte

$$f(a+h) - f(a) - R[\varphi(a+h) - \varphi(a)] = 0. \qquad (2)$$

Considérons la fonction auxiliaire :

---

[1] *Journal de Mathématiques de M. Liouville*, novembre 1858.

$$F(x) = f(a + h) - f(x) - R[\varphi(a + h) - \varphi(x)], \qquad (3)$$

d'où
$$F'(x) = - f'(x) + R\varphi'(x). \qquad (4)$$

Elle est continue, d'après les hypothèses, aussi bien que sa dérivée, de a à $a + h$. D'ailleurs $F(a + h) = 0$; et aussi $F(a) = 0$, par la condition (2) à laquelle R est assujéti. Par conséquent, dans l'intervalle, la dérivée $F'(x)$ doit s'annuler au moins une fois; on l'exprimera en écrivant $F'(a + \theta h) = 0$, ce qui entraine $f'(a + \theta h) = R\varphi'(a + \theta h)$, et enfin

$$R = \frac{f'(a + \theta h)}{\varphi'(a + \theta h)}, \qquad (5)$$

comme il fallait le trouver[1].

Observons cependant que la dérivée $F'(x)$ donnée par l'équation (4) pourrait être nulle, entre a et $a + h$, sans que R fût déterminé, c'est-à-dire sans qu'il fût nécessaire de donner à R la valeur (5); cela arriverait si l'on avait à la fois $f'(x) = 0$, $\varphi'(x) = 0$, pour une valeur de x comprise dans cet intervalle. La formule (1) n'est donc pas démontrée dans ce cas-là. Mais, pour qu'elle soit vraie, il n'est pas indispensable que la fonction $\varphi(x)$ varie toujours dans le même sens entre a et $a + h$, en d'autres termes que $\varphi'(x)$ ne change pas de signe ou ne devienne pas zéro; il suffit à l'exactitude de la démonstration précédente que $f'(x)$ et $\varphi'(x)$ ne deviennent pas nuls à la fois.

Toutefois, si on veut laisser à la fonction $f(x)$ toute sa généralité, on le pourra en convenant d'assujétir la fonction $\varphi(x)$ à la condition que sa dérivée $\varphi'(x)$ ne s'annule pas de a à $a + h$. Cette convention faite, la formule (1) sera toujours vraie, quand même dans cet intervalle $f'(x)$ s'annulerait.

---

[1] La marche que nous venons de suivre pour cette démonstration a été indiquée par M. Catalan dans son *Traité élémentaire des Séries*, pag. 61.

II

Le théorème (1) étant ainsi établi, il est facile d'en tirer la proposition plus générale qui fait l'objet de cette Note. Posons en effet

$$\Pi(x) = f(a+h) - f(x) - (a+h-x)f'(x) - \ldots - \frac{(a+h-x)^n}{1.2\ldots n} f^n(x),$$

$$\Phi(x) = \varphi(a+h) - \varphi(x) - (a+h-x)\varphi'(x) - \ldots - \frac{(a+h-x)^q}{1.2\ldots q}\varphi^q(x),$$

n et q étant entiers et positifs. On en conclut aisément

$$\Pi'(x) = -\frac{(a+h-x)^n}{1.2\ldots n} f^{n+1}(x), \quad \Phi'(x) = -\frac{(a+h-x)^q}{1.2\ldots q} \varphi^{q+1}(x).$$

Nous supposerons que, dans l'intervalle considéré, les fonctions

$$f(x),\ f'(x),\ldots f^{n+1}(x),\ \text{et}\ \varphi(x),\ \varphi'(x),\ldots \varphi^{q+1}(x),$$

restent finies et continues; et de plus que les dérivées $f^{n+1}(x)$ et $\varphi^{q+1}(x)$ ne soient pas zéro à la fois, ce dont on sera assuré si l'on choisit la fonction arbitraire $\varphi(x)$, de telle sorte que $\varphi^{q+1}(x)$ ne s'annule pas de a à $a+h$. Les mêmes conditions se trouveront remplies pour les fonctions Π et Φ; et on pourra leur appliquer la formule (1), qui se réduit ici à

$$\frac{\Pi(a)}{\Phi(a)} = \frac{\Pi'(a+\theta h)}{\Phi'(a+\theta h)},$$

parce que l'on a évidemment $\Pi(a+h) = 0$ et $\Phi(a+h) = 0$.

D'ailleurs, on tire des relations qui précèdent:

$$\frac{\Pi(a)}{\Phi(a)} = \frac{f(a+h) - f(a) - hf'(a) - \ldots - \frac{h^n}{1.2..n} f^n(a)}{\varphi(a+h) - \varphi(a) - h\varphi'(a) - \ldots - \frac{h^q}{1.2..q}\varphi^q(a)}, \qquad (6)$$

et

$$\frac{\Pi'(a+\theta h)}{\Phi'(a+\theta h)} = \frac{1.2\ldots q}{1.2\ldots n} h^{n-q}(1-\theta)^{n-q} \cdot \frac{f^{n+1}(a+\theta h)}{\varphi^{q+1}(a+\theta h)}. \qquad (7)$$

Ces deux dernières expressions, étant égalées entre elles, constituent précisément la formule que nous voulions faire connaître, savoir :

$$\frac{f(a+h)-f(a)-\ldots-\frac{h^n}{1.2..n}f^n(a)}{\varphi(a+h)-\varphi(a)-\ldots-\frac{h^q}{1.2..q}\varphi^q(a)}=\frac{1.2\ldots q}{1.2\ldots n}(h-\theta h)^{n-q}\frac{f^{n+1}(a+\theta h)}{\varphi^{q+1}(a+\theta h)}.$$

On pourrait aussi l'obtenir directement en suivant une marche analogue à celle du paragraphe précédent.

Notre formule contient, comme on voit, le théorème sur le rapport des accroissements finis, dont elle est une extension : car on reproduit l'équation (1) quand on fait à la fois $n=0$, $q=0$, en ayant toutefois la précaution de remplacer les produits $1.2\ldots n$, $1.2\ldots q$ par 1. La même remarque sera applicable au cas où, dans la proposition générale, on voudrait supposer nulle une seulement des deux lettres n et q.

III

Si, dans la formule qui vient d'être établie, on attribue à la fonction $\varphi(x)$ une forme arbitraire, mais satisfaisant aux conditions que nous avons reconnues être nécessaires; si enfin on la multiplie par le dénominateur

$$\varphi(a+h)-\varphi(a)-h\varphi'(a)-\ldots-\frac{h^q}{1.2\ldots q}\varphi^q(a),$$

le premier membre deviendra

$$f(a+h)-f(a)-hf'(a)-\ldots-\frac{h^n}{1.2\ldots n}f^n(a)=R_n.$$

Le second membre sera donc égal au reste R_n de la série de Taylor, quand dans le développement de $f(a+h)$ on s'arrête au terme en h^n. On a ainsi :

$$R_n=[\varphi(a+h)-\varphi(a)..-\frac{h^q}{1.2..q}\varphi^q(a)]\frac{1.2..q}{1.2..n}(h-\theta h)^{n-q}\frac{f^{n+1}(a+\theta h)}{\varphi^{q+1}(a+\theta h)}. \quad (8)$$

Telle est l'expression générale du reste. En y attribuant à la fonction arbitraire $\varphi(x)$ telle forme qu'on voudra (satisfaisant aux conditions ci-dessus énoncées), et en donnant au nombre indéterminé q des valeurs particulières, on aura tout autant d'expressions du terme complémentaire de la série de

Taylor. Ainsi l'équation (8), outre les formes connues du reste, en peut fournir une infinité d'autres.

En y faisant $\varphi(x) = (x-a)^{n+1}$, et $q = n$, on voit immédiatement que

$$\varphi(a) = 0, \qquad \varphi'(a) = 0, \ldots \qquad \varphi^q(a) = 0,$$

$$\varphi(a+h) = h^{n+1}, \quad \varphi^{q+1}(a+\theta h) = (n+1)n\ldots 2.1.$$

Donc

$$R_n = \frac{h^{n+1}}{1.2..(n+1)} f^{n+1}(a+\theta h) ;$$

et enfin

$$f(a+h) = f(a) + hf'(a) + \ldots + \frac{h^n}{1.2\ldots n} f^n(a) + \frac{h^{n+1}}{1.2..(n+1)} f^{n+1}(a+\theta h).$$

La série de Taylor se trouve ainsi démontrée sous sa forme ordinaire.

IV

Si, dans la formule générale (8), je prends pour la fonction arbitraire

$$\varphi(x) = (x-a)^{p+1},$$

$(p+1)$ désignant un nombre positif quelconque, j'ai

$$\varphi^q(x) = (p+1)p\ldots(p-q+2)(x-a)^{p-q+1}.$$

Il en résulte

$$\varphi(a+h) = h^{p+1}, \qquad \text{et} \qquad \varphi^q(a) = 0,$$

tant que q reste au-dessous du nombre positif $(p+1)$. De là :

$$R_n = \frac{1.2\ldots q}{1.2\ldots n} \frac{(1-\theta)^{n-q}}{\theta^{p-q}} \frac{h^{n+1}}{(p+1)p\ldots(p-q+1)} f^{n+1}(a+\theta h). \qquad (9)$$

Les deux nombres p et q sont ici indéterminés, mais q est entier et inférieur à $(p+1)$.

Et, par exemple, pour $q = p = n$, je retrouve, comme à l'article précédent, la forme ordinaire du reste. — Pour $q = p = 0$, j'obtiens la forme de Cauchy

$$\frac{h^{n+1}(1-\theta)^n}{1.2\ldots n} f^{n+1}(a+\theta h).$$

Quand, faisant $q = p$, je laisse p indéterminé, j'ai

$$R_n = \frac{h^{n+1}(1-\theta)^{n-p}}{1.2\ldots n(p+1)} f^{n+1}(a+\theta h). \qquad (10)$$

C'est l'expression du reste telle que je l'ai donnée dans ma première Note, et qui contient les deux formes usuelles qu'elle reproduit pour $p = n$ et $p = 0$. Le mode de démonstration que j'avais employé, d'après Sturm, supposait que p fût au plus égal à n. Mais cette condition n'est pas nécessaire : la démonstration actuelle exige seulement que $(p+1)$ soit positif, ou $p > -1$.

On peut aussi remarquer la formule suivante, qui résulte de l'équation (9), en y faisant $q = 0$,

$$R_n = \frac{(1-\theta)^n}{\theta^p} \frac{h^{n+1}}{1.2\ldots n(p+1)} f^{n+1}(a+\theta h), \qquad (11)$$

où p est quelconque, mais toujours plus grand que -1.

Veut-on avoir des expressions du reste qui ne rentrent pas dans les formes connues, il suffira de faire dans (9) $p = q - \varepsilon$, ε étant une fraction ; en particulier, l'hypothèse

$$p = q - \frac{1}{2}$$

donnera

$$R_n = \frac{1.2\ldots q}{1.2\ldots n} 2^{q+1} \frac{\theta^q (1-\theta)^{n-q}}{1.3.5\ldots(2q+1)} h^{n+1} f^{n+1}(a+\theta h); \qquad (12)$$

q est ici un entier quelconque. Pour $q = n$, et pour $q = 0$, R_n se réduit à des formes assez simples.

V

Prenons maintenant, dans la formule générale (8), avec $q = 0$,

$$\varphi(x) = f^n(x), \qquad \varphi'(x) = f^{n+1}(x),$$

ce qui est permis, d'après les remarques de l'article II, si l'on admet que

$f^{n+1}(x)$ ne s'annule pour aucune valeur de x comprise entre a et $a + h$. Par la substitution, $f^{n+1}(a + \theta h)$ disparaît, et l'on a la nouvelle forme

$$R_n = \frac{h^n (1-\theta)^n}{1.2...n} \left[f^n(a+h) - f^n(a) \right], \qquad (13)$$

qu'il serait d'ailleurs facile d'établir directement.

Elle montre que le reste est, en valeur absolue, moindre que

$$\frac{h^n}{1.2...n} \left[f^n(a+h) - f^n(a) \right].$$

Cette expression a l'avantage d'être indépendante du nombre inconnu θ. Mais elle suppose, outre les conditions ordinaires de continuité, que $f^{n+1}(x)$ ne devienne pas zéro de a à $a + h$. On pourra l'employer toutes les fois qu'on aura vérifié que, dans cet intervalle, la dérivée $f^n(x)$ varie toujours dans un même sens; et il en est ainsi le plus souvent.

Si, en même temps qu'on a pris $\varphi(x) = f^n(x)$, on n'avait pas fait dans la formule (8) $q = 0$, comme nous venons de le supposer pour plus de simplicité, on aurait trouvé une expression de R_n plus compliquée, et en apparence plus générale, mais qui en réalité ne différerait pas de l'expression (13). Il est aisé de s'en assurer, mais nous ne pouvons ici nous arrêter à ces détails.

VI

La formule de Schlömilch n'est qu'un cas particulier de notre formule générale (8). On l'obtient en y supposant nul le nombre indéterminé q, et ayant soin, comme on l'a déjà dit, de remplacer par l'unité le produit $1.2...q$; ce qui donne

$$R_n = \frac{\varphi(a+h) - \varphi(a)}{\varphi'(a+\theta h)} \frac{h^n (1-\theta)^n}{1.2...n} f^{n+1}(a+\theta h). \qquad (14)$$

On en pourrait déduire les équations (10), (11) et (13) qu'elle contient implicitement, mais elle ne saurait donner les équations (9) et (12).

Si l'on veut en tirer par exemple notre formule (10), il suffit d'y déterminer la fonction arbitraire φ par la condition

$$\varphi(x) = (a + h - x)^{p+1},$$

d'où résultent

$$\varphi'(x) = -(p+1)(a+h-x)^p,$$

$$\varphi(a) = h^{p+1}, \qquad \text{et} \qquad \varphi(a+h) = 0,$$

pourvu toutefois que $(p+1)$ soit positif. On a

$$\varphi'(a+\theta h) = -(p+1)h^p(1-\theta)^p,$$

et aussi

$$\frac{\varphi(a+h) - \varphi(a)}{\varphi'(a+\theta h)} = \frac{h}{(p+1)(1-\theta)^p}.$$

Donc enfin

$$R_n = \frac{h^{n+1}(1-\theta)^{n-p}}{1.2\ldots n(p+1)} f^{n+1}(a+\theta h), \qquad (10)$$

sous la condition de $(p+1)$ positif, mais pouvant être *fractionnaire.*

VII

Quand on s'arrête au premier terme du développement de $f(a+h)$, on doit faire $n = 0$ dans l'expression générale du reste. La formule (9), par exemple, donne alors

$$f(a+h) - f(a) = \frac{1.2\ldots q}{(p+1)p\ldots(p-q+1)} \frac{\theta^{q-p}}{(1-\theta)^q} h f'(a+\theta h). \qquad (15)$$

Ce second membre se réduit, pour $q = 0$, à

$$\frac{h}{\theta^p} f'(a+\theta h);$$

et, pour $q = p$, à

$$\frac{h}{(p+1)(1-\theta)^p} f'(a+\theta h).$$

Enfin, quand on fait à la fois $p = 0$, $q = 0$, on a la formule bien connue

$$f(a + h) - f(a) = h f'(a + \theta h).$$

Cette dernière relation peut être considérée comme évidente géométriquement. En effet, $f(a)$ est l'aire de la courbe $y = f'(x)$, comptée à partir d'une certaine ordonnée et terminée à $x = a$. Donc $f(a + h) - f(a)$ est l'aire comprise entre $x = a$ et $x = a + h$. Si l'ordonnée $f'(x)$ de la courbe est continue dans cet intervalle, il est clair par la figure qu'il doit exister entre a et $a + h$ au moins une ordonnée $f'(a + \theta h)$ telle que le rectangle $hf'(a + \theta h)$ soit équivalent à l'aire $f(a + h) - f(a)$.

La formule plus générale (15) montre que, suivant la valeur qu'on y attribue au nombre $p > -1$ et à l'entier $q < (p + 1)$, il y a une infinité de manières d'exprimer l'aire curviligne $f(a + h) - f(a)$ en fonction du rectangle $hf'(a + \theta h)$ correspondant à une certaine ordonnée moyenne.

VIII

Plusieurs des formules que nous avons établies dans cette Note s'obtiennent plus aisément encore au moyen de l'intégration par parties. On sait, en effet, que la formule de Taylor résulte très-simplement de l'identité

$$f(a + h) - f(a) = \int_0^h f'(a + h - x)\, dx.$$

Par une suite d'intégrations par parties, l'intégrale $\int f'(a + h - x)\, dx$ se ramène au développement :

$$xf'(a + h - x) + \frac{x^2}{1.2} f''(a + h - x) + \ldots + \frac{x^n}{1.2\ldots n} f^n(a + h - x) + \frac{1}{1.2\ldots n} \int x^n f^{n+1}(a + h - x)\, dx.$$

Prenons les intégrales entre les limites 0 et h (ce qui suppose les fonctions $f'(x), \ldots$ continues de a à $a + h$), nous aurons :

$$f(a+h)-f(a)=hf'(a)+\frac{h^2}{1.2}f''(a)+\ldots+\frac{h^n}{1.2\ldots n}f^n(a)$$
$$+\frac{1}{1.2\ldots n}\int_0^h x^n f^{n+1}(a+h-x)\,dx.$$

Ce dernier terme est une forme particulière du reste R_n.

Or, la différentielle peut s'écrire

$$x^{n-p}f^{n+1}(a+h-x)\times x^p\,dx,$$

p étant un nombre quelconque. Appelons M la plus grande, et m la plus petite des valeurs que prend le premier facteur, quand x varie de 0 à h, il en résulte

$$R<\frac{1}{1.2\ldots n}\int_0^h M x^p\,dx, \qquad R>\frac{1}{1.2\ldots n}\int_0^h m x^p\,dx.$$

D'ailleurs, *si* $(p+1)$ *est positif*, $\int_0^h x^p\,dx=\frac{h^{p+1}}{p+1}$; donc

$$R<\frac{M}{1.2\ldots n}\frac{h^{p+1}}{p+1}, \qquad R>\frac{m}{1.2\ldots n}\frac{h^{p+1}}{p+1}.$$

D'autre part, la fonction $x^{n-p}f^{n+1}(a+h-x)$ sera continue si $f^{n+1}(x)$ est supposée telle, entre a et $a+h$; et alors il existera entre M et m un nombre μ tel que

$$R=\frac{\mu}{1.2\ldots n}\frac{h^{p+1}}{p+1}.$$

La valeur de x correspondante à μ est elle-même comprise entre 0 et h, et peut s'écrire $h(1-\theta)$. D'où $\mu=(h-\theta h)^{n-p}f^{n+1}(a+\theta h)$, et par suite

$$R_n=\frac{h^{n+1}(1-\theta)^{n-p}}{1.2\ldots n\,(p+1)}f^{n+1}(a+\theta h);$$

c'est notre formule (10); elle a lieu quel que soit le nombre positif $(p+1)$.

Un raisonnement analogue conduira à la formule (13). Nous reportant à l'intégrale définie qui représente R_n, nous observerons que le facteur

x^n sous le signe de l'intégration varie de 0 à h^n. Il s'ensuit

$$R_n < \frac{1}{1.2...n} \int_0^h h^n f^{n+1}(a + h - x)\, dx,$$

d'où

$$R_n < \frac{h^n}{1.2...n} \Big[f^n(a + h) - f^n(a) \Big].$$

Mais cette conclusion suppose que tous les éléments $f^{n+1}(a + h - x)\, dx$ soient de même signe, auquel cas, en les multipliant chacun par h^n, valeur maximum de x^n, leur somme absolue est plus grande que l'intégrale

$$\int_0^h x^n f^{n+1}(a + h - x)\, dx.$$

Cette condition s'est trouvée remplie pour l'intégrale $\int_0^h x^n\, dx$ de la démonstration précédente.

Il en serait autrement si les éléments de l'intégrale $\int_0^h f^{n+1}(a + h - x)\, dx$ n'avaient pas tous le même signe, c'est-à-dire si $f^{n+1}(x)$ changeait de signe entre a et $a + h$; parce qu'en multipliant par le facteur constant h^n, les diverses parties positives ou négatives de $\int_0^h x^n f^{n+1}(a + h - x)\, dx$ n'ont pas été augmentées dans un même rapport.

De là il suit, comme on l'avait observé à l'article V, que la formule (13) est applicable seulement au développement d'une fonction $f(x)$ telle que, dans l'intervalle de a à $a + h$, $f^n(x)$ varie toujours dans un même sens.

EXTRAIT DES PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES DE LA

SECTION DES SCIENCES.

SÉANCE DU 8 DÉCEMBRE 1862.

Sur une réaction du Cobalt; par M. G. Chancel.

Lorsque, à la dissolution d'un sel de cobalt, on ajoute deux à trois fois son volume d'acide chlorhydrique concentré, le liquide se colore en bleu intense. Cette réaction est d'une telle sensibilité, qu'une dissolution renfermant un vingtième de milligramme de cobalt par centimètre cube donne encore une coloration manifeste. La présence du manganèse n'a aucune influence, mais il n'en est pas de même de celle du nickel et surtout de celle du fer. Il suffit, en effet, que la dissolution contienne une faible quantité de fer, pour que l'acide chlorhydrique la colore en beau vert émeraude. Le nickel détermine aussi l'apparition d'une teinte verte, mais il ne modifie sensiblement la coloration bleue que lorsqu'il est en quantité supérieure à celle du cobalt. Cette réaction ne peut donc servir à reconnaître la présence de petites quantités de nickel dans la dissolution d'un sel de cobalt.

Sur les produits de la distillation sèche du Camphorate de cuivre; par M. A. Moitessier.

Quand on soumet à la distillation du camphorate de cuivre, ce sel se décompose vers 200°, en produisant de l'acide camphorique anhydre, de l'eau et une huile volatile odorante

---

[1] La section des Sciences avait déjà publié, depuis la reconstitution de l'Académie jusqu'en 1854 inclusivement, un extrait des procès-verbaux de ses séances. Par une décision prise dans la séance du 17 novembre 1863, cette publication, destinée surtout à faire connaître les communications qui ne peuvent trouver place dans les Mémoires, sera reprise régulièrement et fera suite au recueil que la section publie chaque année.

qui, distillée sur un fragment de sodium, bout à 105°. La composition centésimale de cette substance, combinée avec la densité de vapeur, conduit à la formule $C^8 H^{14}$ (1).

La densité de cet hydrogène carboné est de 0,793 à l'état liquide et de 3,984 à l'état de vapeur; son odeur rappelle celle du camphre et de l'essence de térébenthine. L'acide nitrique l'attaque vivement en produisant une matière résineuse. Le gaz chlorhydrique le transforme en une huile verte d'une odeur désagréable, dont le point d'ébullition est plus élevé que celui de la substance primitive. (Voir les *Mémoires de la section des sciences*, 1862.)

Sur la constitution chimique de la Fécule; par M. A. Béchamp.

D'après M. Musculus, l'action de la diastase ou des acides déterminerait par la fixation de deux équivalents d'eau le dédoublement de la fécule en deux équivalents de dextrine et un équivalent de glucose. Cette réaction permettrait de considérer ce corps comme une sorte d'éther, et conduirait par suite à tripler sa formule. Dans le but de soumettre cette manière de voir aux épreuves de l'expérience, M. Béchamp a fait réagir de l'acide acétique sur la fécule.

A une chaleur modérée, on n'obtient que la modification déjà signalée par l'auteur sous le nom de *fécule soluble*; mais lorsqu'on élève la température vers 108°, la matière perd peu à peu la propriété de bleuir par l'iode. Si, la réaction terminée, l'on examine le contenu de la cornue, on trouve qu'il est composé de dextrine renfermant au plus un pour cent de glucose; cette transformation de la fécule presque exclusivement en dextrine est en opposition avec la constitution chimique que suppose la manière de voir de M. Musculus.

Séparation du Zinc et du Cuivre; par M. G. Chancel.

La propriété que possède l'hyposulfite de soude de masquer les réactions du cuivre et d'être sans action sur celles du zinc a conduit M. Chancel à un nouveau procédé de séparation de ces deux métaux, qui permet de faire avec une grande exactitude l'analyse du laiton. Lorsque, après avoir versé dans une dissolution de ces deux métaux de l'hyposulfite jusqu'à décoloration complète de la liqueur, on ajoute du carbonate de soude, le zinc est précipité pendant que le cuivre reste en dissolution. Il suffit, pour terminer l'analyse, de recueillir le précipité et de traiter la dissolution filtrée par l'hydrogène sulfuré; le zinc est ensuite dosé sous forme d'oxyde, le cuivre à l'état de protosulfure. Cependant, si l'on désire une grande exactitude, il est bon de redissoudre par un acide le précipité bien lavé de carbonate de zinc et d'ajouter ensuite quelques gouttes d'une dissolution d'hydrogène sulfuré. Ce réactif peut être employé sans causer d'erreur sensible, un poids appréciable

---

1 C = 12.

de zinc ne pouvant être entraîné par la très-petite quantité (au plus 5 à 6 milligrammes) de sulfure de cuivre qui se forme. Il suffit de joindre ce précipité au sulfure de cuivre précédemment obtenu et de traiter de nouveau le liquide filtré par le carbonate de soude, pour obtenir des résultats très-rigoureux.

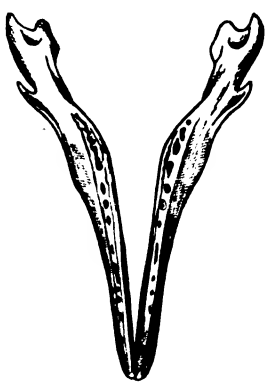
Séparation de l'Argent et du Plomb ; par M. G. Chancel.

L'action différente exercée par l'hyposulfite de soude sur les sels d'argent et sur les sels de plomb, permet de reconnaître de faibles traces de ce dernier métal, en présence d'une grande quantité d'argent. Il suffit, pour cela, de verser dans la dissolution à essayer un excès d'hyposulfite, et d'y ajouter ensuite un peu de chromate de potasse ; le chromate d'argent reste en dissolution, tandis que le chromate de plomb se précipite avec sa couleur jaune caractéristique. L'insolubilité du chromate de plomb dans l'hyposulfite de soude permet d'utiliser cette réaction pour la séparation des deux métaux.

SÉANCE DU 12 JANVIER 1863.

Vestiges de dents chez le Fourmilier didactyle ; par M. Paul Gervais.

Les édentés de la famille des Fourmiliers sont, avec les échidnés, les seuls mammifères considérés comme absolument dépourvus de dents. Il était cependant possible d'admettre qu'en les étudiant dans leur état fœtal ou peu de temps après leur naissance, on trouverait chez eux, soit des vestiges transitoires de ces organes, soit quelques particularités montrant, comme chez les oiseaux, par exemple, que, sous ce rapport, ils ne diffèrent pas autant qu'on le suppose des autres animaux vertébrés. L'examen d'un *tamandua* nouveau-né n'a rien fourni de bien concluant ; mais sur un jeune *Fourmilier didactyle* (*Myrmidon didactylus*), M. P. Gervais a observé, le long de la plus grande partie du bord dentaire de la mâchoire inférieure[1], une rangée de véritables alvéoles comparables, par leurs principaux caractères, à celle des autres édentés. Il ne doute pas qu'en faisant cette recherche sur des exemplaires frais, on ne trouve les germes des dents, d'une existence éphémère, dont les bulbes occupaient ces alvéoles.



Sur quelques dérivés acétiques de la Salicine ; par M. A. Moitessier.

Le chlorure d'acétyle réagit à froid sur la salicine, en produisant de la tétracétyl-

[1] Voir la figure ci-contre.

salicine qui reste combinée avec un équivalent de chlorure d'acétyle. La réaction est exprimée par l'équation suivante :

$$C^{13}H^{18}O^7 + 5(C^2H^3OCl) = [C^{13}H^{14}(C^2H^3O)^4O^7 + C^2H^3OCl] + 4ClH\ ^1.$$

Cette combinaison est très-soluble dans l'alcool bouillant, qui la laisse déposer en petits cristaux par le refroidissement; elle est peu soluble dans l'éther et complètement insoluble dans l'eau. Les acides minéraux étendus et bouillants la transforment en glucose, salirétine, acide acétique et acide chlorhydrique. Les alcalis caustiques effectuent un dédoublement semblable, mais en donnant de la salicine au lieu de glucose et de salirétine. Sous l'influence d'une dissolution alcoolique de nitrate d'argent, il se produit de la tétracétyl-salicine, de l'acide acétique et du chlorure d'argent.

La tétracétyl-salicine est soluble dans l'alcool, l'éther et l'eau, et cristallise en fines aiguilles. Elle se dédouble, comme le composé précédent, sous l'influence des acides et des alcalis. La synaptase n'exerce aucune action sur cette substance.

Chauve-souris fossile des marnes gypsifères d'Aix; par M. Paul Gervais.

Les marnes gypsifères d'Aix, dans lesquelles on recueille en abondance des restes fossiles de poissons, d'insectes et de plantes, fournissent de temps en temps quelques-uns de ces débris organiques remarquables par leur parfaite conservation. M. de Saporta, qui avait déjà trouvé à Aix une aile de papillon reconnue par M. Boisduval pour appartenir au genre *Cyllo*, y a aussi découvert une aile de chauve-souris, dont il a nommé l'espèce *Vespertilio Aquensis*. On y voit une partie de l'humérus, l'avant-bras et la main, ainsi que la membrane alaire et un bouquet de poils répondant à l'aisselle. M. P. Gervais met cette pièce sous les yeux de l'Académie. Il a constaté qu'elle indique une espèce différente de celle signalée à Montmartre (étage proïcène) par G. Cuvier et de Blainville. Il en donnera la description dans les suites à sa *Paléontologie française*.

Sur quelques Plantes du Mont-Caroux, dans le département de l'Hérault; par M. E. Planchon.

Une excursion botanique faite en juin 1862, au Mont-Caroux, près les bains de Lamalou, a permis à M. Planchon d'enrichir la flore de l'Hérault des espèces suivantes : *Saxifraga Prostii*, Sterne; *Saxifraga Clusii*, L.; *Wahlenbergia hederacea*, R.; *Helianthemum umbellatum*, L.; *Erythronium dens canis*, L.; *Elodes palustris*; *Drosera rotundifolia*. L.; *Leucantemum palmatum*, Gren. et Godr.; *Taxus baccata*, L.; *Ornithogalum affine*, Boreau; *Heracleum Lecockii*, Gren. et Godr.; *Alsine verna*, L. L'auteur

---

[1] C = 12, O = 16.

appelle surtout l'attention sur la dernière de ces plantes, parce qu'il vient de la reconnaître sous le nom d'*Alsine alpina*, ἴλιος, dans l'une des cinq planches jointes par Richer de Belleval à son opuscule intitulé: *dessin touchant la reserche des plantes du pays du Languedoc* (Montpellier, 1605; réimprimé avec d'autres opuscules du même auteur par A. Broussonnet; Paris, 1785). La présence de cette Alsinée dans l'un de ces cinq spécimens gravés sur les cuivres, aujourd'hui perdus, de Richer de Belleval, donne la presque certitude que l'illustre fondateur du Jardin des Plantes de Montpellier a visité les montagnes les plus hautes du département de l'Hérault, tandis que le silence gardé sur cette plante par Magnol, Gouan, De Candolle, Delile et Dunal, semble indiquer que ces botanistes n'ont bien exploré, comme région subalpestre de notre flore, que la partie des Cévennes comprise dans le département du Gard.

Sur les Écrevisses rouges; par M. Fau (présenté par M. E. Planchon).

L'auteur signale la fréquence relative des écrevisses rouges dans plusieurs des cours d'eau du département de l'Aveyron. Les crustacés présentant cette coloration anormale supporteraient difficilement la mue, et ne lui auraient jamais présenté de traces de fécondité.

Nominations. M. A. Béchamp est nommé membre de la section des sciences, en remplacement de feu M. *Jeanjean*.

SÉANCE DU 9 FÉVRIER 1863.

Sur les affinités du genre Squalodon; par M. Paul Gervais.

Ce genre a été établi par Grateloup sur un fragment de crâne fossile provenant du grès miocène de Léognan (Gironde); plus récemment, des débris du même animal ont été recueillis dans d'autres localités: dans le sud-est de la France, en Belgique et ailleurs.

Grateloup avait regardé le Squalodon comme étant un reptile allié aux Iguanodons; mais M. Van Beneden reconnut par l'inspection de la pièce même qui a servi à l'établissement de ce genre, que c'est un cétacé de la famille des Delphinidés; cette opinion a été également soutenue par M. P. Gervais [1], qui l'a appuyée sur des remarques nouvelles. Toutefois plusieurs auteurs, parmi lesquels on peut citer M. J. Müller, ainsi que MM. Pictet et Owen, ont pensé qu'il fallait réunir le Squalodon au groupe des grands mammifères marins propres aux dépôts tertiaires de l'Amérique septentrionale que Harlan a le premier signalés, en les regardant comme des reptiles, sous la dénomination de Basilosaurus, et que l'on a appelés depuis lors Zenglodon, Hydrarchos et Durodon. M. Van Beneden lui-même a récemment accepté cette manière de voir.

---

[1] *Zoologie et paléontologie françaises.*

La question en était là, lorsque M. Jourdan [1] a décrit sous le nom générique de Rhizoprion un crâne découvert à Barie, près Saint-Paul-Trois-Châteaux (Drôme); ce crâne appartient, ainsi qu'il le reconnaît lui-même, au même genre que le Squalodon de Grateloup, dont la présence dans les dépôts miocènes du Languedoc avait d'ailleurs été antérieurement signalée.

M. Gervais, qui a pu examiner au musée de Lyon le crâne du Squalodon de Barie, fait remarquer qu'on ne peut méconnaître les rapports de l'animal auquel ce crâne a appartenu avec les Cétacés, et en particulier avec les Delphinidés, rapports également indiqués par M. Jourdan. Il ajoute que le Squalodon est particulièrement voisin, par plusieurs de ses caractères principaux, des Inias, dauphins à rostre allongé qui vivent dans la rivière des Amazones, ainsi que dans plusieurs de ses affluents; et pour mieux faire ressortir ces affinités, il met sous les yeux de l'Académie une lithographie, qu'il doit à M. Jourdan, représentant, de grandeur naturelle, le crâne du Squalodon conservé à Lyon, ainsi qu'une figure du crâne de l'Inias, qu'il a publiée dans le *Voyage en Amérique* de M. Alcide d'Orbigny.

M. Jourdan n'avait pas pu se procurer la partie terminale du rostre du Squalodon qu'il a décrit, et il la croyait détruite; M. Gervais a retouvé cette pièce, dont l'étude permet de rectifier plusieurs points importants de synonymie, et il en a publié, dans les Bulletins de l'Académie royale de Belgique, une description accompagnée de figures.

Sur une roche éruptive trouvée au contact du terrain houiller de Saint-Gervais; par M. Béral.

La partie occidentale du bassin houiller de Graissessac diffère, à plusieurs points de vue, de sa partie orientale; ces différences ne paraissant pas dues exclusivement à l'influence du massif granitique voisin, l'auteur en a recherché les causes dans les conditions locales environnantes. Ses recherches l'ont conduit à la découverte d'une roche qui n'a pas été signalée et qui forme presque toute la montagne qui domine le village de Plaisance.

Cette roche ne présente dans son ensemble aucun indice de stratification et offre, au contraire, tous les caractères des roches éruptives; elle a relevé des deux côtés les schistes voisins. Elle est assez homogène et contient seulement quelques grains de quartz disséminés dans la masse. Elle se laisse rayer par l'ongle, est onctueuse au toucher et donne une cassure esquilleuse; elle est infusible au chalumeau et décrépite en s'exfoliant. Cette roche semblerait, par l'ensemble de ses caractères, devoir être rapprochée des roches magnésiennes. L'analyse chimique n'indique cependant que des traces de magnésie, et la rapproche de certains magmas feldspathiques signalés en plusieurs points.

Nominations. M. Favre, de Genève, est nommé membre correspondant.

---

[1] *Revue des Sociétés savantes*, tom. I, pag. 126; 1862.

SÉANCE DU 16 MARS 1863.

Analyse chimique de l'eau du Boulou; par M. A. Béchamp.

Les eaux du Boulou sont situées dans le département des Pyrénées-Orientales, à 24 kilomètres de Perpignan et à 26 de Port-Vendres. Elles se rapprochent par leur composition générale des eaux de Vichy, dont elles contiennent les éléments; on y trouve cependant un peu moins de soude, plus de chaux, de la baryte au lieu de strontiane, beaucoup plus d'acide carbonique, et, de plus, une notable quantité d'oxyde de cuivre. Depuis que M. Béchamp a découvert le cuivre dans l'eau de Balaruc, M. Moitessier l'a indiqué à Lamalou, et récemment M. Filhol à Saint-Christeau (*Revue des Sociétés savantes*, 13 février 1863). L'eau du Boulou est donc la quatrième source cuivreuse du midi de la France; elle contient aussi de la lithine démontrable par le spectroscope. MM. Diacon et Moitessier avaient déjà démontré la présence de la même base dans l'eau du Puits-Chomel, à Vichy[1].

L'analyse de l'eau du Boulou a donné lieu aux remarques suivantes:

Recherche de la baryte. — Le procédé suivant doit être préféré au procédé classique. Si l'eau que l'on analyse contient déjà des sulfates, il suffit de la traiter par de l'acide chlorhydrique et de la réduire par l'évaporation à un petit volume; le précipité qui se forme est recueilli sur un filtre, lavé avec une dissolution de potasse pour dissoudre la silice, etc. Après l'incinération, on pèse les cendres en déduisant celles du filtre, et l'on calcine ensuite avec un peu de sucre dans un creuset couvert. Si le résidu consistait en sulfate de baryte, il se dégagerait de l'hydrogène sulfuré en traitant par l'acide chlorhydrique le produit de la calcination avec le sucre, et on obtiendrait une dissolution dans laquelle le sulfate de chaux déterminerait la précipitation du sulfate de baryte. Le spectroscope a démontré que dans l'eau du Boulou il n'existe pas de strontiane.

Recherche du manganèse. — Lorsque, dans la recherche de ce corps, on traite par le chlore la dissolution acide exempte de fer et additionnée d'acétate de soude, il peut arriver que le bioxyde de manganèse ne se précipite point. Pour détruire la combinaison que cet oxide singulier contracte avec l'acide acétique, il suffit de concentrer la liqueur par l'ébullition, le bioxide se précipite alors avec ses caractères ordinaires, et la dissolution se décolore.

Recherche de l'acide nitrique. — Lorsqu'on veut caractériser cet acide par le réactif de Desbassyns (de Richemond), les chlorures gênent et peuvent empêcher la réaction; il est donc convenable de traiter par une dissolution de sulfate d'argent la liqueur ramenée à un petit volume et préalablement saturée par de l'acide sulfurique; la dissolution débarrassée des chlorures est évaporée à siccité et soumise à l'action du réactif, dont une partie doit être conservée comme témoin.

---

[1] *Montpellier médical*, Recherches sur quelques eaux minérales à l'aide du spectroscope, décembre 1861.

Sur les Observations météorologiques faites à la Faculté des sciences de Montpellier pendant l'année 1862; par M. É. Roche.

Après avoir rappelé que ces observations sont faites régulièrement depuis six ans dans la Faculté des sciences, M. Roche expose les diverses indications que fournissent pour l'étude de notre climat les documents recueillis en 1862. Il signale surtout la quantité exceptionnelle d'eau tombée pendant cette année, qui, pour le nombre de jours de pluie, s'éloigne cependant très-peu de la moyenne des six ans. Il faut remonter à la longue série d'observations que nous a transmises Poitevin, pour trouver une année qui, bien que moins pluvieuse, soit comparable à 1862. (Voir *Mémoires de la section des sciences*, 1863.)

Recherches sur le tracé d'une conique donnée par cinq conditions; par M. Lenthéric.

M. Lenthéric communique ses premières recherches sur cette question et les problèmes qui s'y rapportent. Le principe de solution se déduit d'un mode de transformation étudié par l'auteur dans trois mémoires publiés en 1859, 1860 et 1862, dans les mémoires de la section des sciences; il consiste à trouver le cercle qui produit par transformation la conique donnée. Il fait aussi remarquer que, de ce fait que deux cercles se reproduisent par transformation lorsque l'axe radical passe à l'infini, on peut conclure qu'il existe sur la ligne des centres dix points en involution, ce qui revient à dire qu'il existe trois autres cercles qui ont le même axe radical que les deux premiers.

Acclimatation du Saumon dans le bassin de l'Hérault; par M. P. Gervais.

M. Gervais a commencé en 1857 ces essais d'acclimatation, et les a depuis lors continués avec soin. Près de 60,000 petits saumons obtenus, dans son laboratoire, d'œufs expédiés d'Huningue, ont été portés à l'Hérault ou dans ses affluents. Il n'est pas rare qu'on repêche de ces poissons arrivés à la longueur d'un ou deux décimètres. Il en a été pris du poids de huit hectogrammes, et quelques-uns étaient chargés d'œufs ou de laitance. On sait que le *Salmo salar* est complètement étranger aux cours d'eau qui se jettent dans la Méditerranée. M. Gervais exposera plus tard les résultats de ses essais de pisciculture, qui ont porté non-seulement sur l'espèce dont il vient d'être question, mais encore sur plusieurs autres, telles que la truite des lacs, la truite saumonée, l'ombre chevalier et la féra.

Classification du règne animal; par M. P. Gervais.

M. Gervais présente le tableau de la classification du règne animal, telle qu'il l'a modifiée depuis ses dernières publications. Les animaux y sont partagés en six embranchements ou types divisés eux-mêmes en classes. (Voir *Mémoires de la section*, 1862.)

De l'action du Soufre sur certaines dissolutions salines; par M. de GIRARD (présenté par M. BÉCHAMP).

M. Béchamp rappelle qu'il avait déjà montré que le soufre chauffé avec une dissolution de phosphate de soude ordinaire, engendre du sulfure et même du polysulfure. « Dans le phosphate de soude, dit-il, on peut momentanément faire abstraction de l'acide phosphorique et n'y voir que l'oxyde de sodium: le soufre déplace l'oxygène, forme un polysulfure, tandis qu'une autre partie s'unit avec l'oxygène déplacé pour former de l'acide hyposulfureux. On a donc, à un certain moment, un état d'équilibre où coexistent un phosphate acide, un polysulfure et un hyposulfite. »

M. Béchamp a engagé M. de Girard à poursuivre ce sujet dans son laboratoire, à varier l'expérience et à s'assurer de la part que l'eau prend dans le phénomène. Voici les deux faits saillants qui méritent d'être signalés :

En faisant bouillir une dissolution de pyrophosphate de soude avec du soufre, la liqueur se colore par suite de la formation d'un polysulfure ; en continuant l'ébullition, il se dégage de l'acide sulfhydrique, la liqueur finit par se décolorer, et l'on y constate alors la présence de l'acide phosphorique ordinaire précipitant les sels d'argent en jaune, et celle de l'acide hyposulfureux.

Du soufre bien pur, maintenu dans l'eau bouillante à l'abri de l'air, dégage en abondance de l'acide sulfhydrique, et l'eau devient franchement acide. Une propriété nouvelle, intéressante, du soufre apparaît ici : il est capable, à la température de l'ébullition de l'eau, de décomposer ce liquide.

Sur un Cadran solaire portatif; par M. VIALA.

M. Viala présente à l'Académie la suite de son mémoire sur les Cadrans solaires. Il décrit un de ces instruments, tracé sur un cylindre portatif, qui donne l'heure par la hauteur du soleil, et il indique le moyen de le graduer, c'est-à-dire de construire les courbes des heures. Ce genre de cadran présente cet intérêt qu'on le rencontrait encore, il y a peu d'années, entre les mains des ouvriers des Cévennes, auxquels il servait de montre.

SÉANCE DU 20 AVRIL 1863.

Sur l'origine de l'acide propionique dans les vins tournés; par M. A. BÉCHAMP.

L'auteur, dans une communication faite l'année dernière, a attribué l'origine de l'acide propionique dans les vins tournés, à la fermentation de la glycérine. M. Nicklès (Comptes-rendus de l'Académie des sciences, juin 1862) l'attribue à la fermentation du tartre : « Le tartre brut des tonneaux, ou bitartrate de potasse, dit-il, contient tous les éléments néces-

saires à la production d'un acide ayant la formule $C^6 H^6 O^4$ de l'acide propionique ou de son isomère l'acide butyro-acétique.» Cet avis paraissant être partagé, M. Béchamp croit nécessaire de rappeler que le bitartrate de potasse en fermentant ne produit que de l'acide acétique, et que la question n'est pas de savoir si le tartre contient les éléments nécessaires à la formation de l'acide propionique, mais bien si cet acide et même son isomère se forment dans la fermentation du tartre. Or, d'après M. Nœllner, c'est le tartrate de chaux brut qui, en fermentant, produit son acide pseudo-acétique, que M. Nicklès a caractérisé sous le nom de butyro-acétique. Il n'y a de commun entre l'acide propionique et ce dernier composé que la formule; l'acide propionique est une individualité chimique stable, l'acide butyro-acétique n'existe peut-être pas comme individu; en tout cas, il est instable et destructible par la distillation seule en acide acétique et en acide butyrique.

Action de l'hydrogène sulfuré sur les éthers sulfo-cyaniques ; par M. F. Jeanjean.

Dans une note sur les urées sulfurées [1], M. Jeanjean a déjà fait connaître les produits fournis par l'action de l'ammoniaque sur les éthers sulfocyaniques; en poursuivant l'étude de l'action des différents agents sur ces éthers, il a obtenu de nouveaux corps que leur composition rapproche des précédents. Lorsqu'on fait passer un courant d'hydrogène sulfuré dans du sulfocyanure d'éthyle, celui-ci se prend en une masse cristalline qu'il est facile de purifier par plusieurs cristallisations dans l'éther ordinaire. Le nouveau composé se présente sous la forme de tables rectangulaires incolores, peu solubles dans l'eau, très-solubles, au contraire, dans l'alcool et l'éther. Il est fusible vers 35° et se décompose à une température plus élevée. La composition centésimale, déduite de plusieurs analyses, conduit à la formule $C^{10} H^{12} Az^2 S^2 . 2CS^2 . 2HS$; ce corps pourrait donc être considéré comme du bisulfocarbonate de diéthylurée sulfurée. Les acides et les alcalis le décomposent à chaud; le bioxyde de mercure l'attaque même à froid en donnant du sulfocyanure d'éthyle; si la réaction est faite à chaud, il se forme en outre du sulfure d'éthyle. L'action du chlorure de plomb est remarquable en ce qu'elle donne lieu à la formation d'un corps bien cristallisé, que M. Jeanjean se propose d'étudier. En faisant réagir l'hydrogène sulfuré sur les sulfocyanures de méthyle, d'amyle, et d'allyle, l'auteur a obtenu des composés cristallisables que, par analogie, il est conduit à considérer comme les homologues du corps qui fait le sujet de cette note.

Recherches sur la transformation des figures ; par M. Lenthéric.

M. Lenthéric, en s'appuyant sur ce fait, que le cercle est la seule courbe fermée qui n'a qu'un point tel que toutes les droites conjuguées, menées par ce point, soient rectan-

[1] *Mémoires de la section des sciences de l'Académie de Montpellier*, 1862.

gulaires, démontre par des considérations purement géométriques qu'une conique peut toujours être transformée en un cercle.

Expériences sur la résistance de quelques Mollusques terrestres à l'action de l'eau de mer; par H. Aucapitaine. (Extrait d'une lettre à M. Gervais.)

Dans le but d'étudier la persistance de la vie, chez les mollusques terrestres, après une immersion prolongée dans l'eau de mer, M. Aucapitaine a effectué des expériences analogues à celles qui avaient déjà été faites sur la vitalité des graines. Cent individus appartenant à diverses espèces pourvues d'épiphragmes ou d'opercules (*Helix naticoïdes*, *H. aspersa*, *H. pisana*, *H. variabilis*, *Bulimus decollatus*, *B. ventricosus*, *Cyclostoma elegans*, *Clausilia rugosa*, *Pupa cinerea*, *Achatina follicula*) furent placés dans une caisse percée d'un grand nombre de trous et pleine de branchages brisés ; cette caisse fut ensuite entièrement remplie d'eau de mer et immergée près de Calvi (Corse) en un point où règne une assez forte houle ; des cordes la maintenaient complètement submergée à quelques mètres en mer. Lorsqu'elle fut retirée, quatorze jours plus tard, vingt-sept individus appartenant aux divers genres énumérés plus haut, les Hélix exceptés, avaient survécu à l'immersion. Après avoir fait remarquer que ce résultat pourrait être invoqué en faveur de la théorie de la dispersion des espèces, l'auteur croit devoir se borner à constater le fait, et annonce de nouvelles expériences sur le même sujet.

Des notions relatives aux Céphalopodes, qui sont consignées dans Aristote; par M. Paul Gervais.

M. Paul Gervais donne communication à l'Académie du mémoire qu'il a présenté sous ce titre à la réunion des Sociétés savantes, tenue cette année à Paris sous les auspices de M. le ministre de l'Instruction publique. Ce travail a pour but la discussion des détails relatifs aux mollusques céphalopodes qui sont consignés dans les écrits d'Aristote, plus particulièrement dans son *Histoire des animaux*. M. Gervais en fait ressortir l'exactitude en les comparant aux observations faites dans ces dernières années par les naturalistes, et il en montre l'importance. Il est curieux de voir le groupe des céphalopodes mieux connu dès le temps d'Aristote, en ce qui concerne ses espèces méditerranéennes, qu'il ne l'a été plus de deux mille ans après par Linné et son École. (Voir les *Mémoires de la section*, 1863, pag. 345.)

De l'emploi du Chalumeau à chlorhydrogène pour l'étude des spectres; par M. É. Diacon.

Il était permis de penser que l'absence de spectre est due, pour la plupart des métaux, à la décomposition des composés volatils par la flamme oxydante dans laquelle on les

place, et à la non-volatilité des oxydes produits ; plusieurs d'entre eux devraient donner, s'il en était ainsi, des systèmes de lignes caractéristiques dès qu'on les mettrait dans des conditions permettant à ces composés de se volatiliser sans décomposition. L'auteur a cherché à réaliser ces conditions pour les chlorures, en les portant dans une flamme produite par la combinaison vive de l'hydrogène et du chlore.

Ces expériences, qu'un appareil particulier permet de faire sans trop d'incommodités, lui ont, en effet, démontré que plusieurs chlorures métalliques qui se prêtent mal aux recherches spectroscopiques, donnent dans ces conditions des spectres bien définis : c'est ainsi que le cuivre, le bismuth, le nickel, le cobalt, le manganèse, le plomb, etc., donnent des systèmes de raies assez compliqués, mais caractéristiques.

Un fait non moins intéressant, quoique plus inattendu, est présenté par les chlorures des métaux alcalins et alcalino-terreux. Les chlorures de potassium et de sodium donnent, en effet, un spectre à peine visible ; les raies bleue et orangée du strontium semblent avoir disparu, le calcium et surtout le baryum ont un spectre bien différent de celui qu'ils donnent dans la flamme de la lampe à gaz. L'auteur venait de constater ces derniers faits, lorsqu'un extrait d'un travail de M. A. Mitscherlich fut publié par le *Répertoire de chimie*, à la fin de janvier 1862. Les spectres qu'il décrit ne diffèrent de ceux que l'on observe avec le chalumeau à chlorhydrogène, que par la persistance de quelques lignes du spectre ordinaire du métal, que la méthode employée n'éteint probablement pas entièrement. Cette conformité des résultats obtenus par des procédés différents démontre bien que les chlorures ont un spectre propre, souvent très-différent de celui des métaux.

Pour acquérir une nouvelle preuve de l'influence de l'élément électro-négatif, M. Diacon a tenté d'étudier les bromures dans des conditions semblables ; mais il n'a pu jusqu'ici obtenir de flamme par la combinaison du brome et de l'hydrogène.

L'auteur conclut de ses expériences, que les chlorures placés dans une flamme qui ne tend pas à les décomposer par une réaction chimique, permettent d'obtenir des spectres avec un plus grand nombre de métaux, et que les chlorures ont un spectre différent de celui que donnent les oxydes ou les métaux eux-mêmes. On devrait donc admettre, contre l'opinion adoptée, que l'élément électro-négatif intervient dans les radiations émises par un sel volatilisé dans une flamme convenablement choisie.

Sur les réactions et la génération des Acides de la série thionique ; par MM. G. Chancel et É. Diacon.

M. Diacon résume de la manière suivante les principaux résultats d'un travail sur les acides de la série thionique, présenté par les auteurs à la réunion des Sociétés savantes dans sa séance de 1863.

Acide pentathionique. — La décomposition des hyposulfites par les acides ne donne pas uniquement, comme on le pense, du soufre et de l'acide sulfureux ; il y a, de plus, production d'acide pentathionique. On peut même, en choisissant convenablement l'hypo-

sulfite et l'acide, obtenir ainsi de l'acide pentathionique pur : c'est ce qu'on réalise en décomposant l'hyposulfite de baryte par l'acide sulfurique dilué.

L'acide sulfhydrique décompose lentement cet acide, en donnant lieu à un dépôt de soufre.

La potasse détermine dans la dissolution d'acide pentathionique, un précipité presque immédiat de soufre ; cette réaction est importante en ce qu'elle permet de distinguer nettement cet acide de l'acide tétrathionique, sur lequel elle est sans action.

Le monosulfure de potassium donne, avec les tétrathionates, un dépôt de soufre avec formation d'hyposulfite

$$KO,S^4O^5 + KS = 2\,(Na,O,S^2O^2) + S.$$

Par l'ébullition avec le sulfate cuivrique, il ne se forme pas de sulfure de cuivre. La potasse n'y détermine pas de précipité de soufre. L'acide libre est sans action sur le bioxyde de plomb.

Acide trithionique. — On ne connaissait pas jusqu'ici de procédé rationnel pour la préparation de cet acide ; les auteurs indiquent le suivant, fondé sur l'équation :

$$KS + 2\,(KO,2SO^2) + 4SO^2 = 3\,(KO,S^2O^5).$$

Il consiste à transformer deux parties de potasse en bisulfite de potasse, par un courant d'acide sulfureux, à préparer par la méthode connue du monosulfure de potassium avec une autre partie de cet alcali, et à verser rapidement le bisulfite dans le monosulfure, en agitant continuellement le mélange. La liqueur s'échauffe et ne laisse pas déposer de soufre. On termine l'opération en faisant passer de l'acide sulfureux à refus.

Le liquide est ensuite évaporé rapidement dans des vases plats et repris par l'eau à 60° environ. Le bioxyde de plomb transforme complètement à chaud l'acide pentathionique en acide tétrathionique

$$4S^5O^5 + 5PbO^2 = 5\,(PbO,S^4O^5).$$

Le monosulfure de potassium détermine un précipité de soufre avec formation d'hyposulfite.

Si l'on fait réagir des quantités convenables d'hyposulfite de baryte et de sulfate de cuivre, on obtient rapidement une dissolution exclusivement composée de tétrathionate cuivreux. Ce sel est peu stable, même à froid ; à chaud, il se transforme par l'ébullition en sulfure de cuivre et acide sulfurique

$$Cu^2O,\ S^4O^5 = 2CuS + 2SO^3 ;$$

tandis que le tétrathionate cuivrique n'éprouve rien de semblable dans les mêmes circonstances.

On peut aussi obtenir cet acide en ajoutant peu à peu de l'acide sulfurique à un mélange d'hyposulfite de plomb et de bioxyde de plomb, tenus en suspension dans l'eau :

$$2PbO,S^2O^2 + PbO^2 + 2SO^3 = PbO,S^4O^5 + 2PbO,SO^3.$$

Une réaction semblable a lieu avec l'hyposulfite de baryte et le bioxyde de baryum, et en général avec un hyposulfite quelconque et un bioxyde. Le sel cristallise en petits prismes, par le refroidissement d'une dissolution légèrement alcoolique.

Les trithionates donnent, par l'ébullition, avec le sulfate cuivrique du sulfure de cuivre et de l'acide sulfurique.

Le monosulfure de potassium le transforme en hyposulfite, sans dépôt de soufre

$$KO,S^2O^5 + KS = 2(KO,S^2O^2).$$

SÉANCE DU 11 MAI 1863.

Recherches sur la Salicine ; par M. A. Moitessier.

M. Moitessier a déjà décrit [1] deux dérivés acétiques de la salicine : la salicine tétracétique et une combinaison de cette substance avec du chlorure d'acétyle. L'action des chlorures butyrique, valérique et caproïque sur la salicine donne naissance à des produits incristallisables que l'analogie permet de considérer comme les correspondants du composé acétique uni au chlorure d'acétyle.

La composition de ces substances, comparée à celle d'un dérivé tétraplombique signalé par M. Piria, faisait présumer que la substitution de divers radicaux pourrait s'effectuer constamment sur quatre équivalents d'hydrogène de la silicine. Ces considérations ont conduit l'auteur à l'étude des dérivés éthyliques et éthyléniques de la salicine ; malheureusement ces nouveaux produits se présentent sous une forme résineuse qui n'en permet pas la purification, et les analyses qui en ont été faites ne sauraient offrir des garanties suffisantes pour permettre d'établir des formules. Un mélange d'iodure d'éthyle et de salicine tétraplombique, chauffé pendant quelque temps à 110° en tube scellé, donne naissance à de l'iodure de plomb et à une substance résineuse qui paraît être de la salicine éthylique ; elle est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool et l'éther. Le chlorure d'éthylène réagit dans les mêmes conditions sur le salicinate de plomb, en produisant une matière visqueuse qu'il n'a pas été possible d'obtenir dans un état de pureté suffisant pour l'analyse.

Dans la pensée que les dérivés de substitution des salicines chlorées pourraient permettre de résoudre la question, M. Moitessier a étudié l'action du chlorure acétique sur la salicine monochlorée. Les deux substances réagissent énergiquement à la température ordinaire ; le produit de la réaction, traité par l'eau et lavé ensuite à l'éther, se prend en une masse solide qui cristallise avec facilité dans l'alcool. L'analyse des cristaux conduit à la formule $C^{13}H^{16}Cl(C^2H^2O)O^7$ [2], qui représente un dérivé mono-acétique de la salicine ; d'après les idées émises plus haut, la substitution aurait dû porter sur trois molécules

---

[1] Séance du 12 janvier 1863.

[2] C = 12. O = 16.

d'hydrogène. Les acides étendus et bouillants transforment cette substance en acide acétique, glucose et chlorosalirétine ; les alcalis concentrés donnent de l'acétate et régénèrent la chlorosalicine ; la synaptase ne la dédouble pas.

Sur un nouvel Anilide ; par M. A. Béchamp.

M. Béchamp a demontré que dans la distillation du nitrate d'aniline, il se forme de la nitraniline qui, d'après ce mode particulier de formation, serait le nitranilide. En étudiant l'action de la chaleur sur l'arséniate d'aniline, dont il a donné la composition, il a obtenu, en même temps que les matières colorantes qu'il a fait connaître, de l'acide arsénieux et un composé parfaitement cristallisé, soluble dans l'eau et dans l'alcool, faisant fonction d'acide, se décomposant, par la distillation avec la potasse caustique en fusion, en aniline et arséniate de potasse. Ce composé se comporte donc comme un *arsénianilide acide.*

Du refroidissement nocturne des diverses espèces de Terres pendant l'hiver, sous le ciel de Montpellier ; par M. Ch. Martins.

L'auteur détermine, par ses recherches, l'influence de la nature des diverses terres végétales, sur le refroidissement qu'elles subissent. Sa méthode expérimentale lui a permis d'apprécier la quantité de gelée blanche condensée par des surfaces égales de chacune de ces terres. (Voir les *Mémoires de la Section des sciences*, 1863.)

Sur le principe actif du Coriaria myrtifolia ; par M. J. Riban.

Les effets toxiques produits par les feuilles et les fruits du *Coriaria myrtifolia*, vulgairement *Redoul*, ont engagé M. Riban a rechercher le principe auquel cette plante doit ses propriétés. Dans le but de l'isoler, il a traité par le sous-acétate de plomb le suc de la plante fraîche et, après avoir précipité l'excès de plomb, a évaporé la liqueur à consistance sirupeuse ; le résidu a été ensuite repris par l'éther, qui a abandonné des cristaux bien définis. L'infusion des feuilles et des fruits desséchés peut également servir à la préparation de cette substance. Après avoir été purifiée par plusieurs cristallisations dans l'alcool, elle est incolore, cristallisée en prismes à base rhombe, sans odeur, mais douée d'une amertume insupportable ; très-peu soluble dans l'eau, elle se dissout aisément dans l'alcool et dans l'éther, et n'est fusible que vers 200°. Les acides minéraux étendus la décomposent à chaud avec production de glucose ; cette réaction permet de considérer la nouvelle substance comme un glucoside. En attendant de pouvoir en faire une étude plus complète, M. Riban s'est assuré qu'elle constitue un toxique énergique : 8 centigrammes ont suffi pour faire rapidement succomber un lapin avec tous les symptômes d'un véritable empoisonnement : il croit donc pouvoir considérer la matière cristalline qu'il a obtenue comme le principe actif du Redoul.

SÉANCE DU 15 JUIN 1863.

Formation de la Dolomie dans les eaux minérales; par M. A. Moitessier.

A la suite d'un travail sur les eaux bicarbonatées du vallon de Lamalou, M. Moitessier avait conservé, dans plusieurs bouteilles bouchées, des eaux de diverses sources. L'une d'elles, examinée après six à sept mois, renfermait des cristaux assez volumineux déposés au fond du vase. Ces cristaux sont transparents et incolores; bien qu'accolés les uns aux autres, ils laissent nettement apercevoir des faces de rhomboèdres qui atteignent dans quelques-uns 2 à 3 millimètres de côté. L'analyse chimique leur assigne la formule de la dolomie $MgO\,CO^2 . CaO\,CO^2$.

	Expérience.	Calcul.
MgO	21,58	22,16
CaO	30.41	30.27

Cette substance, dont le poids était de 1gr,5, s'était produite dans trois litres d'eau de la grande source de Lamalou l'Ancien; d'autres bouteilles, recueillies à la même époque et placées dans des conditions en apparence identiques, n'ont pas donné lieu au même phénomène. M. Moitessier attribue la formation de ces cristaux au dégagement très-lent de l'acide carbonique à travers quelques fissures du bouchon. L'analyse a démontré, en effet, qu'une portion assez considérable de ce gaz avait disparu dans le liquide où s'était déposée la dolomie, tandis que l'eau contenue dans les autres vases n'avait éprouvé aucune altération.

Recherches sur la transformation des Figures; par M. Lenthéric.

M. Lenthéric, en employant le mode de transformation qu'il a étudié dans plusieurs Mémoires [1], démontre que tout système de droites conjuguées se coupant dans le plan d'une conique, peut être considéré comme la transformation, soit d'un système de diamètres conjugués, soit d'un système de parallèles qui coupent harmoniquement un diamètre de cette conique. Si l'on cherche les points pour lesquels tous les systèmes de droites conjuguées sont rectangulaires, on trouve que ces points sont les foyers de la courbe.

L'auteur déduit aussi la théorie des foyers de la transformation du cercle en chacune des coniques. Il démontre, en effet, que les centres des cercles, qui doivent par transformation produire la conique donnée, deviennent les foyers et les polaires focales, les directrices de cette courbe. La simple transformation des rayons correspondants à deux rayons vecteurs de la conique, lui donne alors immédiatement la propriété connue de ces rayons. Le rap-

[1] *Mémoires de l'Académie des sciences et lettres de Montpellier*, 1859-1862.

port d'un point de la courbe au foyer et à la directrice, la longueur du rayon vecteur, s'obtiennent tout aussi facilement.

Sur du sulfate de Chaux cristallisé naturel, de formation récente; par MM. MOITESSIER et BÉRAL.

MM. Moitessier et Béral mettent sous les yeux de l'Académie plusieurs échantillons de sulfate de chaux cristallisé, recueillis sur les parois d'une galerie souterraine récemment construite à Lamalou l'Ancien, pour amener à l'établissement thermal les eaux d'une nouvelle source. La disposition des cristaux sur la roche qui leur sert de support attribue à leur formation une date postérieure à la création de la galerie. Ils se présentent, en effet, sous la forme d'efflorescences très-fragiles, disséminées à la surface des marnes irisées qui portent encore l'empreinte des coups de pioche du mineur ; ils sont associés à une matière ocreuse que l'analyse a démontrée être du sulfate basique de fer; enfin, on aperçoit encore dans ce mélange de petits fragments d'une substance bleue, très-soluble dans l'eau, qui n'est autre chose que du sulfate de cuivre. La petite quantité de sulfate de chaux que tient en dissolution l'eau minérale qui filtre sur les parois de la galerie, ne permet pas d'assigner à ces cristaux une pareille origine. MM. Moitessier et Béral en attribuent la formation à la décomposition des pyrites abondamment répandues au milieu des roches qui forment le massif de la montagne; cette opinion se trouve justifiée par le mélange du gypse avec des sulfates de fer et de cuivre.

Sur l'Acide acétique de la fermentation alcoolique et vineuse; par M. A. BÉCHAMP.

On a depuis longtemps constaté la présence de l'acide acétique dans le vin. M. Dumas en fait mention dans son *Traité de chimie appliquée aux arts ;* M. Guibourt, dans son *Histoire naturelle des drogues simples*, cite également cette substance comme un des éléments constituants du vin ; «mais, dit-il, l'acide acétique du vin est hors de sa nature». Tout le monde l'attribuait à l'acétification de l'alcool par l'oxygène de l'air. M. Béchamp a déjà démontré que le moût du raisin en fermentation à l'abri de l'air fournit un vin qui contient de l'acide acétique. Il pouvait donc être un produit nécessaire de la fermentation alcoolique du sucre.

L'auteur a montré, en effet, que pendant la fermentation du sucre de canne par la levûre de bière dans des conditions qui excluent absolument l'air, il se forme nécessairement de l'acide acétique en quantité notable et une moindre proportion d'acides gras volatils. M. Béchamp a constaté, depuis, que Lavoisier avait déjà signalé la formation de cet acide dans la fermentation alcoolique.

La quantité d'acide acétique varie dans les produits de la fermentation avec plusieurs circonstances dont l'auteur poursuit l'étude ; il annonce seulement aujourd'hui qu'il n'est pas dû à la levûre employée. C'est le sucre qui digéré par le ferment lui donne nais-

sance, par suite d'une série de dédoublements successifs ou simultanés : plus le ferment vit normalement, moins il y a d'acide acétique ; plus on s'éloigne des conditions physiologiques de la vie de cet être organisé, plus le mélange fermentescible se complique, plus la quantité d'acide acétique augmente.

« Puisque la fermentation, dit l'auteur, est la manifestation de la vie d'un être organisé, il doit se dégager de la chaleur pendant son action, et il s'en dégage en effet ; puisque des acides odorants se forment pendant la fermentation du sucre, il doit se former des éthers odorants, et il s'en forme en effet. Ce travail contient donc l'exposé de trois faits nouveaux :

» 1° Production d'acide acétique et d'une petite quantité d'acides gras volatils ;

» 2° Dégagement de chaleur ;

» 3° Formation de composés éthérés odorants dans la fermentation alcoolique normale. »

SÉANCE DU 13 JUILLET 1863.

Silex taillés de l'âge de pierre ; par M. Paul Gervais.

M. Paul Gervais rappelle quelques-unes des conclusions récemment tirées par les naturalistes, à la suite de la découverte de silex taillés, dans les cavernes à ossements d'animaux éteints. Il signale lui-même la présence de semblables silex dans plusieurs localités du département de l'Hérault ou des départements circonvoisins, savoir :

1° A Bize (Aude), d'après les recherches faites sur ses indications par MM. Brinckmann et Jullien. Les silex y sont enfouis dans la même couche que les ossements de Rennes.

2° A Laroque, auprès de Ganges (Hérault). M. Boutin ayant montré à M. Gervais des ossements de Laroque brisés de main d'homme, M. Gervais l'engagea à y rechercher des silex taillés qu'il ne tarda pas à découvrir.

3° Au Pontil, près Saint-Pons (Hérault), par M. Chausse. La caverne du Pontil, dont M. Gervais a déjà parlé (*Mémoires de l'Académie*) et dans laquelle il a particulièrement signalé le *Rhinoceros*, l'*Ursus spelæus*, le *Bos primigenius* et un grand Cerf, a fourni non-seulement des silex taillés, mais aussi des haches en pierre usée. Ces débris de l'industrie humaine étaient dans des couches supérieures à celle renfermant les ossements des espèces perdues.

4° A Pondres (Gard), par M. Émilien Dumas.

5° A Mialet (Gard).

M. Paul Gervais ne doute pas que de nouvelles recherches ne fassent rencontrer dans des conditions analogues d'enfouissement, d'autres débris de l'industrie humaine primitive, et il en connaît lui-même plusieurs exemples ; mais il croit qu'on aurait tort d'en conclure encore que la présence de l'homme dans nos contrées remonte à une antiquité aussi reculée qu'on est maintenant porté à l'admettre. Cette dernière opinion, que MM. Tournal, de Christol, de Serres et Émilien Dumas avaient déjà soutenue il y a une

trentaine d'années, a encore besoin de preuves. M. Gervais fait remarquer l'utilité de fouilles régulières et conduites couches par couches. C'est, suivant lui, le meilleur moyen de donner à l'opinion qu'il rappelle la certitude qui lui manque jusqu'à ce jour. Quant à la démonstration par les rayures des os et par leur mode de fracture, elle est dans certaines occasions réellement insuffisante, certaines rayures et fractures qu'on serait tenté d'attribuer à la main de l'homme pouvant fort bien avoir une cause différente, dans certains cas du moins.

Nouvelles recherches sur la Transformation des Figures; par M. Lenthéric.

M. Lenthéric montre combien la transformation des figures peut permettre de simplifier la démonstration de certains théorèmes. Les points qui sont en involution étant encore en involution dans la transformée, la démonstration de l'involution d'un quadrilatère inscrit à une conique peut être ramenée au cas où le quadrilatère est inscrit dans un cercle et où la transversale est parallèle à un des côtés; elle se réduit alors à la considération de triangles semblables. Pour l'involution d'un quadrilatère quelconque, il suffit de même de considérer le cas où la transversale est parallèle à un des côtés du parallélogramme.

Sur la présence de l'Eau dans les roches basaltiques; par M. Béral.

M. Béral présente à l'Académie quelques échantillons de basalte recueillis aux environs de Lodève et contenant, dans leur intérieur, des vacuoles remplies d'eau. Ces basaltes forment un filon vertical de $0^m,80$ d'épaisseur, enveloppé d'argiles dont la transformation ne dépasse pas un à deux centimètres. La cassure de cette roche met à découvert des vacuoles de dimensions variables qui s'entourent immédiatement d'une auréole humide due à la sortie de l'eau qu'elles renferment. Le liquide paraît sans action sur le papier de tournesol; les parois des cavités sont tapissées d'un enduit blanc inattaquable par les acides; plusieurs vacuoles présentent en outre des cristaux de carbonate de chaux dans lesquels l'analyse spectrale décèle la présence de traces de lithine.

Recherches spectrométriques; par M. É. Diacon.

Dans une note sur l'emploi du chalumeau à chlorhydrogène, M. Diacon a déjà indiqué les changements que présentent les spectres des chlorures quand on les porte dans une flamme chlorurante. Certains d'entre eux, soustraits ainsi à l'action oxydante des flammes ordinaires, paraissent se volatiliser sans décomposition, et donnent un spectre qui, différant à la fois de ceux du métal et du chlore, semble ne pouvoir être rapporté qu'à la combinaison elle-même. De nouvelles recherches ont permis à l'auteur de s'assurer que le chlore n'est pas le seul corps électro-négatif susceptible d'exercer une pareille influence; le brome, l'iode et le fluor lui-même changent aussi la nature des rayons émis par un

métal, quand ils forment avec lui une combinaison volatile stable. Les métaux alcalino-terreux, le cuivre et le bismuth, se prêtent surtout à l'observation de ces phénomènes.

L'action d'un corps halogène sur la nature des radiations varie avec le métal qui lui est associé. Ainsi, le spectre de l'iodure de cuivre se prolonge bien moins vers le violet que ceux du chlorure ou du bromure de cuivre; le spectre de l'iodure de bismuth, au contraire, présente dans la même région des raies plus réfrangibles que celles que produisent le chlorure et le bromure du même métal. La présence du fluor fait naître dans le spectre du calcium une belle raie verte plus réfrangible que celle du thallium, et dans celui de la strontiane, une raie jaune plus réfrangible que celle de la soude.

Les spectres des combinaisons apparaissent d'une manière plus ou moins fugitive avec la flamme même du gaz. Lorsqu'on est familiarisé avec les apparences qu'ils présentent dans ces conditions, il devient possible, en introduisant les oxydes de bismuth et de cuivre dans une perle, de déterminer par les changements qu'éprouvent les spectres si la perle renferme du chlore, du brome ou de l'iode, ou même un mélange de ces corps. Certains métaux, tels que l'argent, le plomb, etc., gênent la réaction; il n'en est pas de même des alcalis. Quant au fluor, la raie verte assez persistante qu'il ajoute au spectre du calcium, corps avec lequel il a tant de tendance à s'unir, permet de le caractériser suffisamment. L'action exercée par l'élément électro-négatif sur la nature des rayons émis par un métal, peut donc devenir dans certains cas assez sensible pour que l'analyse spectrale, qui semblait devoir se borner à la recherche de certains métaux, puisse aussi déceler la présence de quelques métalloïdes.

SÉANCE DU 16 NOVEMBRE 1863.

Sur un nouveau genre d'Ichthyodorulithes propre au grès miocène de Léognan (Gironde); par M. Paul Gervais.

M. Paul Gervais met sous les yeux de l'Académie un aiguillon fossile de poisson de la nature de ceux désignés sous le nom d'Ichthyodorulithes, et il donne à son égard les détails suivants: les ichthyodorulithes connus ont été trouvés dans des terrains antérieurs à la période tertiaire, plus particulièrement dans des terrains paléozoïques. Une pièce analogue aux ichthyodorulithes par sa conformation, et recueillie dans le grès miocène de Léognan, lui a été communiquée par M. le professeur Raulin.

Ce curieux fossile est comprimé, et son bord postérieur présente un sillon médian bordé par deux rangées de dentelures en scie, qui rappellent assez bien celles de l'aiguillon dorsal des Chimères. Il existe toutefois cette différence, que ces deux rangées de dentelures sont beaucoup plus rapprochées l'une de l'autre.

Cet aiguillon a appartenu à un animal bien plus grand que les Chimères actuelles et d'un genre certainement différent du leur, ainsi que de tous ceux qui ont été établis jusqu'à ce jour parmi les fossiles. M. Gervais en publiera plus tard la figure, ainsi qu'une description comparative sous le nom *Dipristis chimœroides*.

Sur les dédoublements de la Salicine; par M. A. Moitessier.

La salicine, soumise à l'action des acides ou de la synaptase, fixe les éléments de l'eau et se dédouble en glucose et en saligénine; celle-ci peut, à son tour, perdre de l'eau et produit de la salirétine. En s'appuyant sur ces faits, dont on doit la découverte à M. Piria, M. Moitessier a recherché quelle serait l'action de l'eau seule sur la salicine. Il résulte de ses expériences que l'eau pure à l'abri de l'air, soit à la température ordinaire, soit à 100°, n'exerce aucune action sur cette substance. Si, au contraire, on abandonne pendant quelques jours dans un vase ouvert une dissolution aqueuse de salicine, le liquide ne tarde pas à posséder les réactions caractéristiques du glucose et celles de la saligénine. En même temps que s'opère le dédoublement, on voit une moisissure se développer au sein de la liqueur, et la transformation est d'autant plus complète que les mycodermes se produisent en plus grande quantité. Semées dans une dissolution de salicine à l'abri de l'air, ces moisissures la dédoublent rapidement en glucose et en saligénine. L'auteur rapproche ce fait des observations de M. Béchamp, qui a démontré depuis longtemps la transformation du sucre de canne en glucose sous les mêmes influences.

La saligénine en solution aqueuse, maintenue pendant quelque temps à 100°, se transforme en salirétine qui se sépare sous forme d'une masse résineuse. Cette métamorphose ne s'effectue toutefois qu'avec une grande lenteur à cette température, elle est beaucoup plus rapide, et l'on opère au-dessus de 100°.

M. Moitessier a étudié au même point de vue l'action des alcalis sur la salicine. Une dissolution étendue de potasse caustique ne paraît exercer aucune influence sur ce glucoside; mais l'action simultanée d'une substance oxydante donne naissance à du glucose et de l'hydrure de salicyle. C'est ainsi que le réactif cupro-potassique est réduit à l'ébullition par la salicine et produit du salicylure de potassium. La formation de l'hydrure de salicyle dans ces circonstances s'explique par l'action secondaire de l'oxyde de cuivre sur la saligénine. On a en effet [1],

$$\underbrace{C^7H^8O^2}_{\text{Saligénine.}} + 2\,Cu^2O = \underbrace{C^7H^6O^2}_{\text{Hydr. de salicyle.}} + Cu^4O + H^2O.$$

L'auteur fait remarquer toutefois qu'il n'a pu obtenir, dans aucune condition, une transformation complète de la salicine, et que cette réaction ne saurait être appliquée à la préparation de l'hydrure de salicyle.

---

[1] C = 12. O = 16.

Sur la transformation du Sucre de canne en glucose, et sur les générations dites spontanées ; par M. A. Béchamp.

M. Béchamp communique les résultats d'expériences qui établissent que le sucre de canne peut être complètement interverti par l'action de certaines moisissures et de certains ferments organisés analogues. L'auteur donne le nom de *zymase* à une substance active contenue dans ces ferments et qui, de concert avec l'acide qu'ils développent, détermine cette transformation. M. Béchamp insiste sur le fait que la créosote, agent réputé antiseptique, n'entrave pas ces actions. « Elle ne fait que s'opposer à la naissance des organismes qui sécrètent le *ferment*, en rendant le terrain infécond, c'est-à-dire impropre au développement des germes, œufs ou sporules que l'air apporte dans le milieu fermentescible. Mais, l'être né et formé, la créosote ne s'oppose pas à la manifestation des phénomènes qui caractérisent sa vie. »

Nominations. M. Deloche (de Nimes) est nommé membre correspondant.

SÉANCE DU 14 DÉCEMBRE 1863.

Liste des Vertébrés fossiles recueillis dans la molasse coquillière de Castries (Hérault); par M. Paul Gervais.

Il existe à Castries (Hérault) et dans les environs de cette localité des dépôts marins, se rattachant au système des molasses miocènes du Midi, qui fournissent un assez grand nombre de restes fossiles d'êtres organisés. M. Gervais a pu examiner à diverses reprises une collection faite avec beaucoup de soin, dans cette localité, par M. le docteur Delmas, et il en a dressé la liste suivante, dans laquelle il indique séparément les fossiles des calcaires (molasse coquillière ou calcaire moellon) et ceux des marnes bleues.

Les vertébrés fossiles des calcaires miocènes de Castries appartiennent aux genres et espèces dont voici les noms :

1° Mammifères : *Phoca?*, *Halitherium*, *Squalodon*, *Delphinus* (*Glyphidelphis sulcatus*, P. G.).

2° Reptiles : *Crocodilus*.

3° Poissons : *Chrysophrys*, *Sargus incisivus*, P. G.; *Phyllodus*, *Myliobates micropleurus*, *Myliobates arcuatus*, *Pristis*, *Squatina*, *Carcharodon megalodon*, *Hemipristis paucidens*, *Hemipristis serra*, *Galeocerdo aduncus*, *Oxyrhina hastalis*, *Oxyrhina xyphodon*, *Oxyrhina Desorii*, *Lamna elegans*, *Lamna dubia*, P. G.

Les genres et espèces recueillis jusqu'à ce jour dans les marnes de la même localité sont :

1° Mammifères : *Phoca?*, *Delphinus* (*Glyphidelphis sulcatus*, P. G.).

2° Poissons : *Chrysophrys*, *Sargus incisivus*, *Sphyræna?*, *Myliobates arcuatus*, *Squa-*

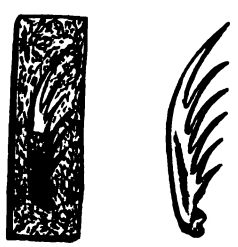
tina, *Carcharodon megalodon*, *Hemipristis serra*, *Galeocerdo aduncus*, *Oxyrhina xyphodon*, *Notidanus primigenius*, *Otodus*, *Lamna elegans*, *Lamna dubia*, *Centrina*, *Scyllium*.

M. Gervais termine par les considérations suivantes :

« Comme on le voit par cette double liste, les espèces fossiles de Castries sont en général les mêmes que celles déjà signalées par M. Agassiz, par divers auteurs et par moi dans les dépôts miocènes du reste de l'Europe. Plusieurs sont néanmoins intéressantes en ce qu'elles n'avaient pas encore été observées, ou bien parce qu'elles figurent pour la première fois sur les catalogues dressés d'après les fossiles observés en France. Les genres *Scyllium* et *Squatina* sont dans ce dernier cas. Celui des *Phyllodus* n'avait encore été signalé que parmi les fossiles de l'éocène, et le genre *Centrina*, qui comprend les Humantins, n'était connu que dans la faune actuelle.

» Dans la notice étendue que je me propose du publier au sujet des fossiles de Castries, je montrerai aussi qu'on a pris pour des coquilles de Gastéropodes du genre Patelle, et décrit sous le nom de *Patella alta*, des vertèbres d'une espèce de poissons de la famille des Squales.

A. B.



» J'ai en outre remarqué, parmi les échantillons réunis par M. Delmas, quelques débris d'une espèce de crustacés assez curieuse pour être mentionnée ici : c'est une Squille à peu près grande comme la Squille mante, que je nommerai *Squilla Delmasii* (*fig.* A). » J'en figure ci-contre l'article pectiné des pattes antérieures comparé à celui de la Squille mante (*fig.* B).

Sur les chlorures de salicyle et de nitrosalicyle; par M. A. Moitessier.

M. Moitessier obtient les chlorures de salicyle et de nitrosalicyle par l'action du protochlorure de phosphore sur les acides correspondants. L'auteur, n'ayant pu obtenir ces substances dans un état de pureté suffisant pour l'analyse, déduit leur composition de celles des anilides qui se produisent facilement par l'action de l'aniline sur ces chlorures. (Voir les *Mémoires de la section des sciences*, 1863.)

Émyde fossile recueillie à Armissan (Aude); par M. P. Gervais.

M. Paul Gervais met sous les yeux de l'Académie une carapace très-bien conservée de chélonien du genre *Émyde*, trouvée dans les marnes calcaires d'Armissan, dont la faune et la flore l'ont occupé dans de précédentes communications. Cette caparace a 0m,345 de long sur 0m,320 de large en son milieu.

Mémoire sur l'Intégration des équations aux différentielles du premier ordre; par M. O. Bonnet.

Ce mémoire a pour but de généraliser ou d'étendre aux équations renfermant un nombre quelconque de variables, la méthode donnée par Lagrange pour intégrer les équations aux dérivées partielles du premier ordre à trois variables.

Action de l'Hydrogène sulfuré sur les éthers sulfocyaniques; par M. Félix Jeanjean.

Dans une précédente communication[1], M. Jeanjean avait considéré comme du bisulfocarbonate de diéthylurée sulfurée le produit qui résulte de l'action de l'hydrogène sulfuré sur le sulfocyanure d'éthyle. Une étude plus complète de ce composé lui ayant démontré qu'il partage toutes les propriétés des éthers, il est conduit à en dédoubler la formule, qui devient alors C^4H^5S, $C^2H^2AzS^2$; ce serait donc du sulfocarbonate d'éthyle. L'eau et les bases le transforment en sulfure d'éthyle et acide sulfocyanique; l'ammoniaque le dédouble en sulfure d'éthyle et en un corps cristallisable dont la formule est celle du sulfocyanure d'ammonium, mais qui en diffère par quelques propriétés. En s'appuyant sur ses réactions et sur son mode de formation, l'auteur considère cette substance comme de la sulfocarbamide, isomère du sulfocyanure d'ammonium.

Le sulfocyanure d'éthyle, traité par l'hydrogène sulfuré, donne un produit qui subit des métamorphoses identiques.

---

[1] Séance du 20 avril 1863.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

PENDANT L'ANNÉE 1860.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — JANVIER 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent	Maximum.	Minimum.
1	761,3	5,5	beau	N faible	760,1	11,0	très-nuageux	NE faible	759,9	11,8	couvert	NE faible	12,0	4,5
2	63,1	7,3	beau	NO faible	62,6	12,0	beau	OSO faible	61,7	12,1	beau	SO faible	14,0	6,5
3	58,5	9,0	brouillard	ENE faible	56,2	11,0	couvert	E faible	53,4	11,0	couvert	SE faible	11,4	7,0
4	50,7	10,0	très-nuageux	O très-fort	49,4	12,0	très-nuageux	SO assez fort	48,0	9,8	couvert, pluie	NO faible	13,5	8,5
5	45,1	9,5	couvert, pluie	O faible	44,8	10,0	couvert, pluie	O faible	45,1	11,0	nuageux	O fort	11,0	8,0
6	48,1	8,8	beau, qq. nuages	O fort	49,3	10,0	beau	O très-fort	50,8	10,0	beau	O fort	10,5	5,0
7	61,5	5,1	beau, qq. nuages	NO faible	62,7	8,2	beau, qq. nuages	NO fort	64,1	8,2	nuageux	N fort	9,5	4,0
8	68,9	3,5	beau	NO faible	68,0	6,5	beau	NO assez fort	67,7	6,5	beau	NE fort	8,0	— 0,2
9	68,9	3,2	nuageux	NNE faible	67,3	7,8	nuageux	NE faible	65,9	8,0	nuageux	SE faible	9,0	2,2
10	63,8	5,0	couvert, pluie	NE faible	63,6	5,8	couvert, pluie	NNE faible	61,9	5,5	couvert, pluie	NNE assez fort	6,5	5,0
11	61,3	6,0	couvert, pluie	NE assez fort	60,8	7,0	couvert, pluie	NE faible	60,5	8,0	couvert, pluie	NE faible	8,0	4,8
12	59,9	7,0	couvert, pluie	NE faible	59,8	9,0	couvert	NNE faible	59,8	9,2	couvert	NNE faible	9,5	6,0
13	62,4	5,5	beau, qq. nuages	NNO faible	61,9	9,0	beau	SO faible	61,6	8,9	beau	SO faible	11,4	3,9
14	62,4	2,8	couvert	NNO faible	62,2	7,3	presque couvert	NNE faible	60,8	7,8	presque couvert	NNE faible	9,0	2,0
15	62,8	7,5	nuageux	N faible	63,7	10,0	très-nuageux	N faible	63,9	10,0	beau, qq. nuages	NE faible	10,5	7,5
16	66,5	4,0	beau, vapeurs	NNO faible	65,8	8,9	couvert	NNE faible	65,4	9,0	couvert	ENE faible	10,0	2,9
17	62,4	7,8	brouillard	NE faible	60,7	9,7	couvert, pluie	SE faible	59,4	9,4	couvert, pluie	SE faible	10,5	6,0
18	55,6	6,0	couvert, pluie	NE faible	53,8	7,0	couvert, pluie	NE faible	52,1	8,7	couvert, pluie	E faible	10,0	6,0
19	53,2	7,8	couvert, pluie	NE faible	53,8	8,8	couvert, pluie	NE faible	54,7	9,3	couvert, pluie	NE faible	9,8	7,0
20	54,8	8,0	couvert	N faible	54,5	10,0	très-nuageux	SO faible	52,7	10.1	très-nuageux	SSE faible	11,4	7,0
21	54,9	7,0	très-nuageux	O faible	54,8	9,2	vapeurs	SO faible	51,9	9,0	couvert, pluie	S faible	10,5	4,8
22	53,6	8,9	très-nuageux	O assez fort	54,9	9,0	presque couvert	O assez fort	54,1	9,0	nuageux	O assez fort	10,5	6,0
23	46,5	7,2	beau, qq. nuages	ONO très-fort	51,3	9,2	beau	O très-fort	53,7	9,0	beau, qq. nuages	NO très-fort	10,0	4,5
24	45,8	5,7	nuageux	N fort	42,6	9,0	beau	N assez fort	44,6	7,0	nuageux	O faible	10,4	3,0
25	45,4	5,2	très-nuageux	O fort	46,0	7,5	très-nuageux	SO faible	48,3	8,0	beau, qq. nuages	O faible	9,0	3,0
26	59,6	5,8	nuageux	O assez fort	59,6	8,8	beau	O fort	59,3	9,0	nuageux	NO faible	10,4	4,5
27	56,9	4,8	couvert	N faible	56,6	9,0	presque couvert	O assez fort	53,3	10,0	beau	O faible	12,5	3,8
28	56,7	8,5	beau	ONO fort	58,4	11,5	beau	NO fort	59,6	9,0	nuageux	NO fort	12,0	6,0
29	60,6	4,0	brouillard	N très-faible	60,1	6,0	couvert	NE très-faible	57,7	6,8	couvert	SE très-faible	8,0	2,3
30	52,3	10,0	couvert	OSO faible	50,5	14,0	brouillard	S faible	48,2	12,0	couvert	OSO très-faible	15,0	5,5
31	45,7	9,2	beau, qq. nuages	O violent	44,7	11,5	nuageux	O violent	47,7	11,0	beau, qq. nuages	NO fort	12,4	7,5
Moyenne du mois.	757,07	6,68			756,79	9,22			756,38	9,16			10,52	4,98

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 254 millimètres, 75.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — FÉVRIER 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	750,7	5,0	beau, qq. nuages	NNO très-faible	750,0	9,0	beau	NO faible	748,5	8,9	couvert	E très-faible	11,5	3,5
2	48,9	3,8	couvert	NO faible	50,3	6,0	très-nuageux	NNO faible	51,6	4,0	beau	NNO très-fort	6,7	3,5
3	54,0	1,0	beau	NO faible	55,7	4,0	beau	NE faible	57,5	3,0	beau	NNE faible	5,4	— 0,8
4	63,6	0,5	beau	N faible	63,7	4,2	beau	N assez fort	63,0	4,8	beau	NE assez fort	5,7	— 0,5
5	62,0	— 1,0	beau	ONO faible	60,9	5,0	beau	NE très-faible	60,0	4,3	beau, vapeurs	SE faible	6,5	— 3,5
6	59,6	2,0	beau	ONO faible	60,1	8,8	beau	NNO fort	57,8	6,0	beau	ONO très-fort	10,1	0,5
7	65,2	4,5	beau	NO fort	65,2	7,0	beau	NO fort	65,0	7,8	beau	NO fort	8,5	2,0
8	62,6	0,2	beau	NO faible	61,1	7,0	beau	S très-faible	58,5	6,7	beau, qq. nuages	S faible	8,5	— 1,0
9	52,0	3,0	brouillard	SO faible	49,5	7,0	couvert	NE très-faible	46,7	7,8	vaporeux	NE faible	9,3	0,0
10	49,8	3,0	beau	NNO très-fort	50,1	4,0	beau	NO très-fort	51,4	3,5	beau	NO très-fort	4,7	2,5
11	51,3	0,0	beau	NO très-fort	50,4	3,0	beau	NO très-fort	49,2	3,0	beau	NNO très-fort	4,1	— 1,0
12	48,9	— 3,2	beau	NO très-faible	49,5	2,1	cirrus	NNO faible	50,9	0,5	couvert	NE assez fort	4,0	— 5,5
13	54,6	— 2,4	beau	NO faible	54,2	2,1	beau	NNO fort	54,2	1,0	presque couvert	N fort	3,5	— 4,5
14	56,0	— 3,5	couvert	ONO faible	57,0	0,0	couvert	NNO faible	56,8	2,0	couvert	NO faible	2,5	— 5,0
15	58,8	— 3,0	beau	NNO faible	59,3	2,0	beau	NNE faible	58,1	1,5	beau	NNE assez fort	3,3	— 5,0
16	55,1	— 1,4	beau	O faible	53,2	3,9	très-nuageux	ONO très-fort	50,5	2,5	nuageux	O très-fort	4,8	— 5,8
17	49,2	0,7	couvert	N fort	51,4	3,5	couvert	NNE fort	53,2	4,1	très-nuageux	NNE fort	6,0	— 2,0
18	57,1	0,0	beau	N faible	57,7	5,0	beau	NNE assez fort	57,9	5,0	beau	NE assez fort	5,5	— 1,9
19	58,5	— 2,0	beau	NO faible	57,2	4,0	beau	NNO faible	54,4	4,5	beau	O fort	6,7	— 4,0
20	46,7	0,5	brouillard	SO très-faible	44,4	5,0	couvert	SO faible	44,9	2,9	beau	NO très-fort	7,5	— 1,1
21	43,7	2,4	nuageux	NO fort	44,3	6,0	beau	NNO très-fort	46,6	6,3	beau	NNO très-fort	7,5	— 0,2
22	49,0	2,9	beau	NNO fort	48,7	6,0	très-nuageux	NNO très-fort	48,7	5,9	beau, qq. nuages	NO fort	7,5	0,0
23	54,8	— 0,4	beau	NO faible	55,6	5,5	beau	NE faible	55,9	6,3	beau	NO faible	7,5	— 5,0
24	61,3	— 2,2	beau	NO faible	61,5	6,0	beau	NE très-faible	61,4	7,6	beau	SE faible	9,5	— 5,0
25	64,0	4,8	nuageux	NNE faible	64,1	9,5	très-nuageux	NE faible	63,4	9,5	beau, qq. nuages	E faible	11,7	0,5
26	63,8	5,0	cirrus	NNE très-faible	62,8	10,1	très-nuageux	NNE très-faible	61,4	9,9	couvert	E faible	12,0	2,9
27	54,0	10,0	vapeurs	OSO fort	53,0	16,5	nuageux	O très-fort	51,5	15,2	beau, qq. nuages	O violent	18,0	6,0
28	61,6	9,0	beau, qq. nuages	O très-fort	61,4	12,8	beau, qq. nuages	O très-fort	60,5	13,8	beau, qq. nuages	O fort	15,5	7,5
29	59,1	13,1	beau, qq. nuages	O fort	59,0	16,0	nuageux	N fort	58,0	15,1	beau, qq. nuages	NO fort	16,7	11,5
Moyenne du mois.	755,72	1,80			755,56	6,24			755,09	5,98			7,96	— 0,39

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 1 millimètre, 35.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — MARS 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	759,5	5,6	beau	N faible	758,8	12,0	beau, qq. cirrus	N faible	757,5	12,0	nuageux	E très-faible	14,4	3,0
2	60,6	8,0	cirrus	N faible	61,4	14,8	cirrus	N faible	61,1	13,0	beau	S très-faible	17,4	6,5
3	65,4	9,0	beau	NO faible	65,0	13,8	beau	NO assez fort	64,4	14,0	beau	NO faible	15,0	5,1
4	67,1	4,5	beau	NO très-faible	66,8	11,5	beau	SO faible	64,7	11,3	beau	SE très-faible	13,0	1,3
5	60,9	9,5	beau, qq. nuages	NO très-fort	61,3	12,6	couvert	N très-fort	60,6	11,3	beau	NO fort	14,8	7,0
6	66,4	6,8	beau	N fort	66,3	8,7	beau, qq. nuages	NO très-fort	65,0	8,8	beau	NO très-fort	10,0	4,5
7	62,2	5,8	beau, qq. nuages	NO faible	60,3	7,5	couvert	ONO fort	56,6	8,9	couvert	ONO fort	10,1	0,9
8	52,4	5,8	beau, qq. nuages	ONO fort	52,5	8,2	nuageux	NO assez fort	52,1	5,0	beau	NO très-fort	9,0	3,9
9	49,6	0,5	beau	NO fort	49,5	2,0	très-nuageux	NO très-fort	49,7	2,5	beau	NO très-fort	3,7	— 2,5
10	53,5	— 1,0	beau	NNO très-fort	53,3	1,8	beau	NO fort	52,6	2,1	beau	NO fort	3,0	— 4,0
11	53,3	— 3,1	cirrus	NO faible	52,8	2,5	beau	N très-faible	52,4	3,9	beau, qq. nuages	SSE faible	5,5	— 6,5
12	49,3	1,5	neige	NE faible	49,3	0,9	neige	NNE faible	49,0	2,6	couvert, pluie	NNE faible	3,0	— 1,9
13	48,6	4,0	couvert	NNE très-faible	47,3	5,9	couvert	NNE très-faible	47,2	6,0	couvert	NNO faible	8,3	2,5
14	52,7	5,5	nuageux	NO assez fort	51,2	10,2	nuageux	ONO fort	48,8	9,8	nuageux	NO faible	11,2	3,0
15	45,9	7,2	nuageux	ONO assez fort	47,4	10,0	nuageux	NO assez fort	49,1	9,0	nuageux	NE assez fort	12,5	4,9
16	56,2	5,5	beau	NNO très-fort	55,3	10,9	beau	NNO fort	54,5	10,2	beau, qq. nuages	NNO fort	12,3	2,5
17	62,1	7,1	beau	NO assez fort	62,7	11,1	beau	NO fort	61,9	11,9	beau	NNO fort	12,5	2,0
18	64,2	8,4	beau	NO faible	63,4	13,7	beau	S faible	62,2	15,2	beau, qq. nuages	SSE faible	16,0	2,4
19	62,9	12,8	beau	NO assez fort	62,4	16,2	beau	NO fort	61,4	17,0	beau	NO fort	17,9	9,0
20	64,7	8,1	beau	N faible	64,2	13,8	beau	NE faible	63,9	13,3	beau	S faible	15,5	3,0
21	63,0	8,2	couvert	NE faible	62,6	14,0	presque couvert	S faible	60,8	13,0	couvert	SE faible	16,4	6,0
22	59,6	11,5	beau	O assez fort	59,0	14,6	beau, qq. nuages	O fort	58,4	14,0	beau, qq. nuages	O fort	16,0	6,5
23	59,8	8,0	beau	NNO faible	57,4	12,3	beau	NE faible	56,1	12,0	nuageux	S faible	14,7	4,0
24	52,9	12,0	beau	NO faible	51,4	15,8	nuageux	O fort	50,4	15,4	nuageux	OSO fort	17,0	9,1
25	50,3	10,5	beau	SO fort	49,4	12,0	nuageux	O très-fort	48,2	10,1	nuageux	O très-fort	13,0	7,9
26	56,3	9,6	beau, qq. nuages	O assez fort	56,2	11,1	nuageux	O très-fort	55,3	11,5	beau, qq. nuages	O fort	12,5	5,2
27	55,5	11,0	beau, qq. nuages	O assez fort	56,2	13,8	nuageux	O fort	56,1	14,1	nuageux	O fort	15,5	5,3
28	58,0	10,8	beau	NO faible	57,5	15,4	beau	ENE faible	55,7	18,5	beau	NO très-faible	19,0	6,1
29	53,8	12,0	cirrus	NNE faible	53,6	18,0	beau	NE faible	51,6	16,2	presque couvert	S faible	19,5	8,5
30	50,7	13,9	beau	NNO assez fort	50,4	17,9	beau	N fort	49,9	17,5	beau	NO très-fort	19,0	10,5
31	50,5	12,0	beau	N faible	49,7	17,8	beau, vapeurs	S faible	47,9	17,0	vapeurs	S faible	20,0	7,5
Moyenne du mois.	757,03	7,45			756,60	11,32			755,65	11,20			13,15	3,97

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 9 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — AVRIL 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	751,2	12,8	couvert	SO faible	751,1	15,9	couvert	O assez fort	750,0	16,1	nuageux	O assez fort	18,5	11,0
2	53,7	13,5	beau	NO faible	53,6	18,0	beau	S faible	52,8	17,0	beau	SSE faible	20,0	7,5
3	53,9	13,8	voilé	NNE faible	53,2	17,9	nuageux	SO faible	51,9	18,5	nuageux	S faible	20,5	10,2
4	51,1	12,0	couvert	ESE faible	50,6	12,4	couvert, pluie	E fort	49,2	12,8	couvert	S fort	14,5	8,4
5	50,5	14,0	couvert	SSE faible	51,3	16,0	nuageux	S fort	50,8	15,1	vapeurs	SE fort	16,5	11,5
6	52,3	12,0	couvert	NNE faible	51,2	13,7	couvert	NNE assez fort	50,1	11,5	couvert, pluie	NNE assez fort	15,0	11,0
7	48,0	12,0	couvert	ONO faible	47,7	14,8	couvert, pluie	ONO faible	46,1	14,1	couvert	NO faible	15,0	10,5
8	48,7	15,1	couvert	NNO faible	50,9	12,8	couvert, pluie	NO faible	52,3	14,2	couvert, pluie	NNO faible	15,0	13,0
9	54,2	11,0	couvert	ONO fort	53,5	14,9	très-nuageux	ONO fort	52,0	15,0	nuageux	O très-fort	16,5	9,0
10	53,6	10,3	nuageux	O assez fort	51,4	12,9	couvert	ONO assez fort	49,2	12,7	couvert	OSO fort	14,7	8,0
11	52,7	7,1	beau	NNO très-fort	53,2	9,7	beau	NNO très-fort	54,0	11,0	beau	NNO très-fort	12,3	5,0
12	59,1	10,0	beau	NNO faible	58,1	13,9	beau, cirrus	OSO faible	57,6	15,8	beau, cirrus	NNE faible	16,4	3,8
13	60,1	11,2	beau, vapeurs	SO faible	58,3	14,6	beau, vapeurs	NO faible	56,6	15,5	couvert	SSO faible	17,5	4,0
14	55,1	10,9	beau	NO très-fort	55,5	15,1	beau	NNO très-fort	55,7	15,5	beau, qq. nuages	NO fort	17,8	8,0
15	58,3	13,1	nuageux	NO faible	58,3	15,8	nuageux	NO faible	58,2	15,0	très-nuageux	NE très-faible	17,5	8,5
16	60,3	13,0	beau	NNO assez fort	59,2	17,9	beau, qq. nuages	NE faible	58,4	16,0	beau, cirrus	SE faible	19,5	7,0
17	57,1	12,2	couvert	NE faible	56,1	12,9	couvert	SSE fort	54,8	12,6	couvert	SSE faible	14,5	8,5
18	51,9	12,5	couvert	NO très-faible	50,9	16,0	couvert	NO faible	49,2	16,0	couvert	SO faible	18,5	8,9
19	47,8	11,9	beau	N assez fort	48,3	13,0	beau	NNO très-fort	49,9	8,8	couvert	NO très-fort	14,0	8,0
20	47,1	4,0	couvert	ONO très-fort	46,6	5,5	couvert	NNO très-fort	46,7	6,0	couvert	NNO très-fort	7,0	2,0
21	49,9	8,9	beau	NO très-fort	50,6	10,2	très-nuageux	NO très-fort	51,9	10,0	nuageux	NO très-fort	11,5	3,6
22	56,1	8,8	beau	ONO fort	56,4	11,8	beau, qq. nuages	NNO fort	56,4	12,5	beau, qq. nuages	O fort	13,5	3,5
23	59,0	11,0	beau, cirrus	O assez fort	57,7	15,8	très-nuageux	ONO faible	56,6	13,6	très-nuageux	SSO faible	16,5	5,0
24	51,2	9,0	brouillard	NE faible	47,9	9,9	couvert, pluie	E assez fort	48,3	9,8	couvert	NO faible	11,4	6,3
25	51,9	8,8	beau	NO assez fort	51,3	11,8	nuageux	NO assez fort	51,2	12,5	presque couvert	O faible	14,3	5,3
26	51,7	10,2	beau	N faible	51,7	14,2	nuageux	N faible	52,6	14,2	beau, qq. nuages	OSO faible	15,5	5,0
27	54,5	14,2	beau	NO très-faible	54,7	17,5	très-nuageux	NO fort	55,4	16,4	beau, qq. nuages	NO fort	17,5	5,5
28	59,8	11,0	beau	NO fort	59,5	14,0	beau, qq. nuages	NO fort	59,0	14,1	beau	NNO fort	15,0	4,0
29	59,4	7,1	couvert	NO faible	59,4	12,1	couvert	NNE faible	59,6	12,0	couvert	S faible	13,5	4,0
30	57,8	11,5	couvert	N très-faible	57,7	16,5	couvert	ONO très-faible	56,8	14,5	couvert, pluie	SO faible	18,0	8,5
Moyenne du mois.	753,93	11,10			753,53	13,92			753,11	13,63			15,58	7,15

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 35 millimètres, 75.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — MAI 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	752,4	10,0	couvert, pluie	N fort	751,9	11,0	couvert, pluie	NE assez fort	751,3	12,0	couvert	NE fort	13,0	10,0
2	54,0	9,5	couvert, pluie	E faible	55,1	12,5	couvert, pluie	S faible	55,0	13,0	couvert	S faible	14,5	9,5
3	53,0	10,5	couvert	NNE faible	53,2	17,5	nuageux	NNE faible	52,5	17,1	beau	SE faible	19,0	9,9
4	52,0	19,0	beau, vapeurs	O faible	52,9	21,0	beau	NE faible	53,2	20,0	beau	S faible	22,0	10,0
5	56,6	15,8	beau	N faible	56,8	21,0	beau	S faible	56,0	19,8	beau	SO faible	21,3	9,2
6	54,8	14,8	beau, vapeurs	SO très-faible	54,4	21,0	beau	SO faible	53,2	21,7	beau	S faible	23,0	8,0
7	55,1	14,5	couvert	NE faible	55,4	22,0	vapeurs	SE faible	55,3	15,5	nimbus, pluie	SE faible	23,5	11,5
8	57,9	15,0	nuageux	NNE faible	57,9	19,1	très-nuageux	SE faible	56,7	18,0	beau	S faible	20,0	11,1
9	58,8	16,0	nuageux	ENE très-faible	59,3	18,2	couvert	E faible	59,2	17,8	très-nuageux	OSO très-faible	21,4	11,6
10	60,5	18,2	beau	NO très-faible	60,1	21,5	beau, vapeurs	SSO faible	59,1	19,7	beau	S faible	22,5	11,0
11	60,1	16,5	vapeurs	NE faible	60,2	20,8	beau	SE faible	59,1	19,9	nuageux	E faible	21,4	12,5
12	56,8	19,0	nuageux	SE faible	56,3	17,8	couvert	SE faible	55,5	17,7	couvert, pluie	SSE faible	21,4	12,8
13	55,6	17,2	nuageux	ONO faible	55,5	22,0	nuageux	NO assez fort	54,3	22,1	beau	O très-fort	23,7	13,0
14	56,1	19,8	beau	N assez fort	54,4	24,1	beau	N assez fort	53,5	24,9	nuageux	SO faible	26,3	13,0
15	52,6	21,0	nuageux	O faible	53,3	18,0	couvert	O fort	53,1	18,2	couvert	NO très-fort	22,0	14,3
16	57,7	18,9	beau	NO fort	57,1	22,2	beau	ONO fort	55,6	23,8	beau, qq. nuages	NNO fort	24,4	14,0
17	55,3	21,0	beau	NNO faible	54,3	25,2	beau, vapeurs	SE faible	53,0	21,9	beau, qq. nuages	SO assez fort	26,5	12,5
18	52,3	18,5	nuageux	E faible	52,0	19,8	nuageux	SSE fort	51,0	17,7	couvert	SE fort	21,0	14,0
19	49,7	15,9	couvert, pluie	SE assez fort	51,0	11,5	couvert, pluie	NO faible	51,1	12,8	couvert, pluie	N faible	15,9	14,8
20	56,1	13,1	couvert	ONO faible	56,6	18,9	presque couvert	N faible	57,7	13,0	couvert, pluie	N faible	19,0	10,0
21	60,3	19,5	beau, cirrus	NO assez fort	60,3	22,8	nuageux	N assez fort	60,2	23,0	nuageux	N assez fort	25,5	11,1
22	59,0	21,5	beau	NNE faible	58,9	24,8	beau	NNE faible	57,5	26,0	beau	NNE faible	27,0	14,1
23	57,7	23,5	beau	NE très-faible	57,2	27,8	beau	S assez fort	56,7	25,5	beau	S assez fort	29,0	15,5
24	57,9	25,5	beau	NNO faible	57,8	28,6	beau	SO très-faible	56,4	28,5	beau, qq. nuages	NO assez fort	30,1	16,6
25	58,0	23,0	nuageux	NNE faible	57,2	26,2	beau, cirrus	SE faible	56,3	25,0	beau, qq. nuages	S faible	28,5	17,0
26	56,1	20,0	nuageux	NO assez fort	55,9	23,0	beau	NO assez fort	54,6	24,5	nuageux	ONO fort	24,5	17,1
27	59,8	16,6	nuageux	O fort	58,8	18,0	beau, qq. nuages	ONO très-fort	58,7	19,9	beau, qq. nuages	ONO très-fort	20,8	13,0
28	59,6	19,7	beau, cirrus	O faible	58,7	23,0	beau, cirrus	O assez fort	58,6	22,3	nuageux	NO assez fort	25,0	13,0
29	62,2	15,5	beau	NO fort	61,2	20,0	beau	NNO fort	59,9	21,0	beau	NO faible	22,1	11,5
30	59,9	17,0	beau, cirrus	N faible	58,4	21,2	beau	NNO faible	57,0	22,0	beau	SSO faible	24,0	11,6
31	55,4	19,9	beau, vapeurs	N faible	54,0	21,5	vapeurs	SE faible	53,7	18,2	couvert	SE faible	24,5	12,5
Moyenne du mois.	756,56	17,61			756,33	20,71			755,66	20,09			22,67	12,44

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 113 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — JUIN 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	755,0	18,3	presque couvert	NNE faible	754,4	22,7	nuageux	ESE faible	753,7	22,6	nuageux	SSE faible	26,3	15,1
2	52,4	16,2	brouillard	E faible	52,3	18,0	couvert, bruine	E faible	52,6	18,0	couvert	E faible	21,5	14,3
3	52,9	16,2	brouillard	NNE très-faible	53,3	18,0	couvert, bruine	E très-faible	52,8	19,8	nuageux	S très-faible	21,5	15,5
4	57,3	19,0	beau	NNO faible	56,5	22,0	beau	ONO assez fort	55,5	22,9	beau, qq. nuages	ONO assez fort	24,8	12,5
5	59,0	18,8	beau	ONO faible	58,4	22,1	beau	ONO faible	56,9	23,4	nuageux	ONO faible	25,5	13,1
6	56,8	17,9	nuageux	NE faible	57,1	22,5	voilé	SE faible	56,2	20,5	nuageux	SSE faible	24,0	12,5
7	56,6	16,0	couvert	ONO très-faible	56,9	21,0	nuageux	NNO faible	56,1	22,3	beau, qq. nuages	NO faible	24,4	14,0
8	58,7	19,2	beau, qq. nuages	NNO faible	57,9	24,0	beau	S faible	56,9	22,2	beau	S faible	25,0	11,5
9	55,7	17,0	brouillard	E faible	55,1	19,0	couvert	E faible	54,2	18,0	couvert	SE faible	20,5	15,5
10	52,4	17,8	couvert	ESE faible	52,1	20,0	couvert	S faible	53,0	18,9	couv., qq. goutt.	S faible	21,0	16,8
11	56,4	20,3	beau	NO faible	56,1	24,0	nuageux	S faible	55,6	23,0	beau	S faible	25,8	12,9
12	56,5	17,4	brouillard	NNE faible	56,1	20,5	couvert	SE faible	55,4	19,5	couvert	SE faible	22,0	13,5
13	53,8	19,9	nuageux	SE faible	53,1	23,0	très-nuageux	SE faible	52,0	21,2	couvert	SE faible	25,4	16,5
14	52,0	18,0	nuageux	ONO faible	51,7	21,5	beau, qq. nuages	NO fort	51,6	20,9	beau, qq. nuages	O assez fort	22,5	14,5
15	51,4	18,4	beau, cirrus	N faible	50,7	21,9	beau	S faible	49,6	21,0	beau, qq. nuages	SSE faible	23,5	11,5
16	50,8	16,0	beau	NO très-fort	52,4	18,8	beau	NO fort	52,3	19,0	beau, qq. nuages	NO fort	20,5	12,0
17	55,4	17,8	beau	ONO assez fort	55,2	20,1	beau, qq. nuages	OSO faible	54,1	20,9	beau, qq. nuages	O assez fort	23,0	11,9
18	56,6	18,9	beau	NO faible	56,3	22,5	beau	S faible	55,6	21,8	beau	S faible	25,5	12,0
19	56,2	15,0	brouillard	NE assez fort	56,8	19,5	couvert	E assez fort	56,0	19,0	couvert	E assez fort	22,0	14,0
20	54,5	17,5	couvert, pluie	E faible	54,8	20,9	couvert	SE faible	54,6	21,1	nuageux	SE faible	23,1	15,9
21	56,6	17,3	couvert, pluie	NO faible	57,6	17,5	couvert, pluie	NO faible	57,1	18,5	couvert, pluie	NO faible	19,5	16,0
22	59,1	20,0	beau	N assez fort	58,7	23,1	beau	NO faible	57,7	24,9	beau	NO faible	25,5	13,0
23	59,0	22,9	beau	O faible	58,7	25,4	beau	SSO faible	57,9	25,4	couvert	S faible	27,2	14,0
24	58,8	24,5	beau	N faible	58,6	27,5	nuageux	S faible	57,8	26,0	beau, qq. nuages	S faible	28,5	14,0
25	59,2	23,4	beau	NNE faible	59,5	27,8	beau, cirrus	SE faible	59,2	26,8	nuageux	SE faible	30,5	17,0
26	60,0	23,5	beau	NE faible	59,8	26,5	beau	SE faible	59,0	25,3	beau	S faible	28,0	17,0
27	58,5	26,5	beau	N très-faible	57,6	30,2	beau	S faible	56,5	28,5	beau	S faible	32,5	18,0
28	58,0	25,8	beau	NO faible	57,1	32,0	beau, qq. nuages	S faible	55,6	32,0	beau, vapeurs	O faible	34,6	20,5
29	58,1	24,0	beau, vapeurs	NO assez fort	58,3	26,1	nuageux	NO fort	57,6	26,5	beau, qq. nuages	NO assez fort	31,0	21,0
30	59,0	19,5	beau	NNO fort	58,9	23,0	beau	NO fort	58,0	22,8	beau	O fort	24,5	17,5
Moyenne du mois.	756,22	19,43			756,07	22,70			755,87	22,42			24,97	14,78

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 59 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — JUILLET 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	760,1	20,0	beau	NO assez fort	760,2	23,0	nuageux	NO fort	759,8	23,8	nuageux	N assez fort	26,3	14,5
2	62,2	20,9	beau	N fort	61,8	23,9	beau	N fort	60,8	26,0	beau	N fort	29,5	12,5
3	62,0	21,9	beau	N fort	61,4	26,5	beau	N assez fort	59,6	28,5	beau	NE assez fort	29,0	17,0
4	59,4	26,0	beau	NO faible	58,6	29,0	beau	S faible	57,3	27,1	beau, qq. nuages	SO faible	31,0	16,5
5	57,4	24,9	beau	N faible	56,4	30,0	beau	NO faible	55,8	29,5	beau, vapeurs	NE faible	33,0	18,5
6	56,9	25,5	beau	NNO très-faible	55,8	29,9	beau	N très-faible	54,9	30,8	beau, vapeurs	S faible	33,5	18,5
7	57,0	24,0	nuageux	N faible	56,6	27,9	beau	NNE faible	55,5	29,2	nuageux	ENE faible	32,5	19,5
8	56,8	23,0	nuageux	N faible	55,8	28,5	beau	NE assez fort	55,3	26,7	beau, vapeurs	S faible	31,0	18,0
9	55,7	21,8	beau, qq. nuages	NE très-faible	55,9	26,0	beau	S faible	54,3	25,0	beau, vapeurs	SSE faible	27,5	17,0
10	54,4	23,5	beau, cirrus	NO assez fort	54,3	26,1	beau	ONO fort	53,7	26,4	beau, qq. nuages	NO fort	27,5	19,0
11	55,4	22,8	beau	ONO fort	55,1	24,9	beau	ONO très-fort	53,9	26,5	beau	ONO fort	31,5	20,5
12	54,8	22,5	beau, vapeurs	NO assez fort	53,5	27,0	beau, vapeurs	NO assez fort	52,0	26,1	nuageux	O assez fort	29,5	18,0
13	52,0	23,0	vapeurs	ONO assez fort	51,0	25,9	vapeurs	NO assez fort	49,6	26,8	nuageux	NO fort	28,5	17,2
14	54,5	23,6	beau, vapeurs	NO assez fort	54,4	27,8	beau, qq. nuages	NO fort	54,0	28,9	beau, qq. nuages	N fort	29,5	18,0
15	57,0	25,0	beau	N assez fort	56,5	29,0	beau	NNO faible	56,2	28,9	beau	S assez fort	32,5	18,5
16	55,7	23,8	beau	NNE faible	55,9	27,0	beau	S faible	54,7	25,9	nuageux	S faible	30,5	16,4
17	54,8	26,0	beau	N faible	54,4	29,9	beau	SE faible	54,2	27,9	beau, vapeurs	SO faible	31,5	18,0
18	54,8	22,8	cirrus	N faible	53,9	28,9	très-nuageux	S faible	53,1	26,9	beau, qq. nuages	SO fort	31,5	17,3
19	56,1	22,7	beau, qq. nuages	ONO assez fort	56,3	26,0	beau, qq. nuages	ONO fort	55,0	25,6	beau, qq. nuages	NO assez fort	27,3	18,0
20	57,1	21,3	beau	NO assez fort	56,9	24,0	beau	NO assez fort	56,2	25,5	beau	NO assez fort	27,0	16,0
21	57,2	21,6	beau	N faible	56,6	25,9	beau	S faible	55,6	24,2	couvert	SO faible	28,0	14,5
22	56,5	22,5	nuageux	NO très-faible	56,6	25,0	très-nuageux	O assez fort	56,4	21,9	couvert	ONO faible	26,5	14,8
23	58,8	20,8	beau	NO fort	58,3	24,2	beau, qq. nuages	NO assez fort	57,3	24,5	beau, qq. nuages	ONO assez fort	25,9	16,0
24	57,6	21,4	nuageux	O faible	56,9	25,0	voilé	O assez fort	55,2	24,8	très-nuageux	O assez fort	27,5	17,0
25	56,7	20,0	beau	NO assez fort	56,5	23,1	nuageux	NO fort	54,5	23,2	nuageux	O assez fort	25,0	16,0
26	53,8	20,4	beau	NO faible	52,8	24,6	beau, cirrus	N faible	51,2	25,0	beau, cirrus	S assez fort	28,0	14,2
27	54,4	21,2	beau, vapeurs	N faible	53,5	24,9	nuageux	S faible	52,7	25,1	nuageux	SE faible	28,1	15,0
28	53,3	23,0	nuageux	NE très-faible	53,4	25,2	très-nuageux	S faible	52,6	23,8	nuageux	O fort	27,8	14,5
29	55,2	20,0	nuageux	O fort	54,8	22,2	nuageux	O fort	54,3	21,8	nuageux	O fort	24,0	15,5
30	55,7	19,0	beau	NO fort	55,5	21,0	très-nuageux	NO fort	54,8	21,5	nuageux	NO très-fort	23,2	15,0
31	57,2	20,5	beau	NNO très-fort	56,7	23,5	beau, qq. nuages	N fort	55,8	24,2	nuageux	NNO fort	25,5	15,0
Moyenne du mois.	756,47	22,48			756,01	25,99			755,04	25,87			28,70	16,66

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 5 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — AOUT 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	758,4	20,2	beau, cirrus	N faible	758,1	25,0	nuageux	SE faible	756,8	24,6	beau, qq. nuages	NE faible	28,5	13,5
2	59,4	21,8	beau, qq. nuages	NO faible	58,6	26,0	nuageux	NO faible	57,8	24,9	nuageux	ONO faible	27,5	14,5
3	58,3	20,4	nuageux	ONO fort	57,1	21,5	nébuleux	O fort	55,7	21,8	nébuleux	O fort	24,0	16,8
4	53,8	21,9	très-nuageux	NO fort	53,6	25,2	très-nuageux	NO fort	53,0	24,2	très-nuageux	NO assez fort	26,5	18,0
5	53,5	22,8	beau	NO assez fort	53,5	26,5	beau	O assez fort	52,6	27,9	beau	SO assez fort	30,0	18,0
6	54,3	19,0	couvert	NE faible	52,8	20,8	couvert	SE assez fort	52,8	21,9	nuageux	SE assez fort	24,0	18,0
7	56,4	18,5	presque couvert	SO faible	57,3	22,0	beau	NO fort	57,0	22,9	beau, qq. nuages	NO fort	24,0	15,8
8	60,3	18,9	beau	ONO faible	59,5	22,5	beau	N assez fort	57,3	24,0	beau	NO assez fort	25,0	13,9
9	57,0	20,9	beau	N faible	56,7	24,8	beau	S faible	56,0	23,9	beau	S faible	26,0	13,8
10	56,5	19,2	couvert, pluie	NO faible	57,1	22,0	très-nuageux	ONO faible	56,6	22,8	très-nuageux	O faible	24,0	18,0
11	57,7	20,8	beau	O faible	56,6	24,3	beau	SO faible	55,3	24,1	nuageux	SO faible	27,0	15,7
12	55,0	18,5	brouillard	N très-faible	55,1	23,5	couvert	NE très-faible	53,1	23,7	couvert	NO faible	25,7	16,5
13	55,2	21,5	beau, cirrus	N très-faible	54,7	25,0	beau, vapeurs	S faible	54,1	23,8	nuageux	SSO faible	28,0	15,0
14	54,3	15,9	couvert, pluie	N faible	54,6	23,0	beau, cirrus	SE très-faible	53,6	22,8	voilé	SE très-faible	27,0	15,0
15	54,4	21,6	nuageux	N très-faible	53,9	26,0	beau	S très-faible	53,2	24,0	couvert	S très-faible	27,5	17,2
16	49,9	20,2	couvert	SE fort	48,8	21,2	couvert	SE très-fort	48,1	21,9	brouillard	S fort	24,5	19,5
17	52,2	19,9	nuageux	NO assez fort	53,9	22,5	nuageux	ONO fort	54,5	22,8	beau, qq. nuages	NO assez fort	24,4	16,5
18	59,6	19,7	beau	N faible	60,4	23,4	beau	S faible	60,2	23,1	beau	S faible	25,8	14,5
19	62,5	21,3	beau, vapeurs	NO très-faible	62,2	24,7	beau	OSO faible	60,3	25,8	beau	O assez fort	27,0	14,0
20	59,8	21,9	beau	N faible	58,9	25,6	beau, qq. cirrus	NO faible	57,5	24,9	nébuleux	S faible	28,0	14,8
21	57,1	21,9	beau, qq. nuages	ONO assez fort	56,3	22,5	beau	NO très-fort	57,6	22,6	beau	NO très-fort	23,5	18,0
22	57,5	20,5	beau	NO faible	56,8	24,0	beau	SE faible	55,6	24,7	beau	SO faible	27,0	13,0
23	58,2	23,0	nuageux	O assez fort	58,6	26,0	nuageux	NO assez fort	58,3	26,2	beau, qq. nuages	NO fort	27,6	19,0
24	60,7	20,0	beau	N faible	60,0	25,0	beau	S faible	59,2	24,3	beau	SO faible	26,8	13,9
25	59,0	20,9	beau	NE très-faible	58,6	26,5	beau	SE faible	58,0	25,9	beau	S très-faible	28,1	14,5
26	58,6	20,6	très-nuageux	NE très-faible	58,6	25,0	nuageux	SE très-faible	58,0	19,1	beau	S faible	26,0	19,0
27	58,2	21,0	très-nuageux	NNE faible	58,0	24,2	vapeurs	E faible	56,6	24,7	nuageux	S faible	26,9	16,5
28	57,0	22,9	nuageux	N très-faible	56,2	28,0	beau, vapeurs	N très-faible	54,6	27,9	beau, qq. nuages	S faible	30,5	19,0
29	54,8	24,5	nuageux	NO faible	54,8	28,5	nuageux	O assez fort	53,8	27,5	beau	O assez fort	30,5	21,0
30	55,0	25,3	beau	NO faible	54,7	28,7	beau, vapeurs	S faible	53,3	25,7	nuageux	S faible	30,0	18,5
31	52,2	22,2	brouillard	E faible	52,9	23,2	couvert	SE assez fort	52,8	23,5	couvert	E assez fort	24,5	21,4
Moyenne du mois.	756,67	20,89			756,42	24,42			755,65	24,13			26,64	16,54

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 22 millimètres, 37.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — SEPTEMBRE 1860.

JOURS du mois	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	752,6	19,1	couvert, pluie	NNE faible	752,3	22,0	très-nuageux	N faible	751,7	22,5	nimbus, pluie	N faible	25,5	16,8
2	55,7	17,0	couvert	NO faible	56,2	20,5	nuageux	NO faible	56,1	21,0	beau	NO faible	23,5	13,5
3	58,0	17,0	couvert	NO faible	57,8	21,0	nébuleux	NE faible	57,1	20,8	couvert	NE faible	23,8	14,0
4	57,7	19,5	beau	NO faible	58,2	19,5	beau	NO faible	57,8	23,0	beau, qq. nuages	NO assez fort	25,5	14,0
5	60,1	18,4	beau	NO très-faible	59,5	22,0	beau	N faible	59,0	22,2	beau	N assez fort	24,5	12,1
6	60,7	17,8	beau	NO faible	60,2	21,5	très-nuageux	N assez fort	59,2	21,0	très-nuageux	NO très-fort	23,5	13,0
7	58,3	18,5	beau	NO faible	56,8	20,8	beau, qq. nuages	NE faible	55,9	20,8	très-nuageux	NNE assez fort	24,0	12,3
8	54,9	18,0	beau	NO très-faible	53,8	21,8	nuageux	N faible	53,3	20,0	couvert, pluie	SSO très-faible	24,0	11,5
9	54,2	17,8	beau	O très-faible	54,3	23,0	beau	NE très-faible	53,7	22,9	beau	S faible	25,2	12,5
10	54,5	15,6	couvert	NE faible	53,5	19,6	couvert	E assez fort	52,4	20,5	couvert	SE assez fort	23,1	13,0
11	54,3	22,5	beau, cirrus	NO fort	55,3	23,6	nuageux	O fort	55,5	23,0	nuageux	NO faible	26,3	18,1
12	58,9	18,9	beau, cirrus	NO faible	58,3	22,3	beau	N faible	58,4	23,2	beau, qq. nuages	S faible	25,7	13,1
13	61,1	17,9	vapeurs	NNE faible	60,5	23,5	beau, cirrus	S faible	59,5	24,0	très-nuageux	SSO faible	25,5	13,2
14	57,6	18,0	couvert	NE faible	57,2	19,0	couvert	NE assez fort	56,1	19,0	couvert, pluie	SE faible	20,5	16,0
15	51,1	16,9	couvert	NNE très-faible	49,3	18,5	nuageux	NO assez fort	50,4	19,2	nuageux	NO faible	22,0	15,0
16	56,6	17,3	beau	ONO faible	57,8	20,9	beau	N très-faible	57,3	22,5	beau	E très-faible	23,3	13,5
17	57,3	16,6	presque couvert	NE très-faible	56,1	23,2	nuageux	N faible	54,8	22,9	couvert	NE très-faible	24,9	14,0
18	49,3	20,0	presque couvert	O assez fort	51,6	21,5	beau	O fort	51,3	21,5	nuageux	O fort	23,0	17,5
19	50,1	18,5	beau	NNE très-faible	49,3	23,0	nuageux	OSO très-faible	48,6	20,3	couvert	NO fort	24,5	14,5
20	53,2	17,0	beau	O assez fort	54,8	20,2	nuageux	O très-fort	56,3	19,0	nuageux	O fort	21,5	13,5
21	59,8	17,1	beau	NO faible	59,9	21,6	beau	NO assez fort	59,1	24,0	beau	N faible	24,7	12,1
22	60,4	19,2	beau	NNE très-faible	60,2	22,6	beau	NE faible	59,2	20,5	beau	E très-faible	23,5	13,8
23	56,5	19,9	presque couvert	ENE faible	56,0	20,9	très-nuageux	SE fort	54,7	20,0	très-nuageux	SE fort	23,0	16,0
24	50,4	18,8	presque couvert	NE fort	47,6	20,9	presque couvert	SE très-fort	48,1	19,0	couvert, pluie	SE très-fort	21,5	17,6
25	56,8	12,5	couvert	NNE très-faible	56,3	17,1	couvert	ONO très-faible	54,7	14,2	couvert, pluie	SE très-faible	18,7	10,5
26	57,3	13,9	beau	O très-faible	57,6	17,5	beau, qq. nuages	SSO faible	57,1	16,8	beau	S faible	19,0	9,9
27	55,6	13,6	couvert	NE faible	54,9	20,0	beau, cirrus	SE fort	53,8	18,6	couvert	SE fort	21,5	10,8
28	51,6	18,9	presque couvert	S fort	51,8	21,0	très-nuageux	S fort	52,3	19,9	nuageux	S fort	22,8	17,0
29	56,0	16,5	beau, cirrus	N faible	56,6	21,0	nuageux	SE faible	57,1	19,0	nuageux	S faible	22,3	13,3
30	59,7	16,9	très-nuageux	NE faible	59,9	16,4	couvert	NE faible	59,9	17,4	couvert	NNE faible	18,3	15,5
Moyenne du mois.	756,01	17,65			755,79	20,88			755,35	20,62			23,17	13,92

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 148 millimètres, 50.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — OCTOBRE 1860.

JOURS du mois	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	760,8	16,8	très-nuageux	ONO faible	761,4	18,0	très-nuageux	NO assez fort	760,9	17,2	très-nuageux	ONO assez fort	19,4	14,0
2	64,2	14,0	beau	ONO fort	63,7	18,5	nuageux	NO fort	63,4	17,0	beau, qq. nuages	ONO fort	19,0	10,5
3	64,1	16,2	beau	NNO fort	64,1	19,0	beau, cirrus	N assez fort	62,6	18,9	beau	NNE assez fort	20,5	13,1
4	60,3	17,5	cirrus	NNO assez fort	60,2	18,6	très-nuageux	N assez fort	59,8	18,0	presque couvert	N assez fort	19,5	11,9
5	63,0	11,9	beau	N faible	61,8	18,9	beau	NO faible	60,9	19,8	beau	N faible	20,5	7,5
6	62,0	13,1	beau	N très-faible	61,6	19,9	beau	NNE assez fort	61,4	19,9	beau	NNE assez fort	21,5	7,0
7	63,8	15,1	beau	NNE faible	63,4	21,0	beau	NE faible	63,0	19,8	beau	S très-faible	22,7	11,0
8	62,6	15,1	beau	N très-faible	61,4	20,3	beau	E faible	59,2	20,8	beau, vapeurs	SSE très-faible	22,5	11,0
9	59,2	16,2	vapeurs	ONO assez fort	58,0	18,7	vapeurs	ONO fort	58,1	16,0	nuageux	ONO très-fort	19,5	13,0
10	63,3	10,6	beau	NO fort	63,5	13,2	beau	NO fort	62,1	13,8	nuageux	NNO fort	15,0	8,0
11	56,6	8,4	vapeurs	N faible	54,1	14,5	vapeurs	NE assez fort	50,6	14,5	couvert	N assez fort	16,3	4,5
12	47,2	13,8	nuageux	O assez fort	51,6	12,5	beau	NO très-fort	54,3	10,5	beau	NO très-fort	14,5	9,0
13	58,1	8,0	beau	NO faible	57,5	14,0	beau	NO faible	57,2	14,0	beau	NO faible	15,7	8,3
14	58,0	11,0	couvert	SO faible	57,4	16,0	vapeurs	SO faible	56,9	14,4	couvert	SO faible	18,0	8,2
15	59,8	13,0	nuageux	NO faible	59,7	16,0	beau	NO assez fort	58,9	15,5	beau	NO assez fort	17,8	10,0
16	59,9	11,6	beau	NO très-faible	60,0	17,0	beau	ENE très-faible	59,9	15,5	couvert	ENE très-faible	18,5	8,0
17	61,9	15,0	couvert	NNE très-faible	61,6	18,8	beau	NE très-faible	61,1	17,5	beau	SSO très-faible	20,5	13,0
18	61,5	13,0	beau, vapeurs	NO très-faible	60,8	19,0	beau	SSE faible	59,8	17,1	beau, vapeurs	SSO faible	19,5	10,0
19	61,2	15,7	beau, qq. nuages	SO faible	60,9	20,1	cirrus	SO faible	60,2	18,8	vapeurs	NO faible	22,0	12,5
20	61,9	15,8	nuageux	N très-faible	62,2	21,0	beau	NO assez fort	61,3	21,9	beau, qq. nuages	NO faible	23,5	12,0
21	62,7	14,2	beau	N faible	62,5	18,0	beau	NE faible	62,1	18,0	nuageux	SE faible	20,0	9,0
22	62,3	14,0	vapeurs	NE très-faible	61,8	19,5	beau	NE faible	61,4	18,0	nuageux	S faible	21,0	11,5
23	62,8	15,5	brouillard	NE très-faible	63,2	18,0	très-nuageux	NE très-faible	62,7	18,0	beau, qq. nuages	SE très-faible	20,0	13,0
24	63,5	15,0	très-nuageux	NE très-faible	62,9	19,1	beau	S très-faible	62,1	18,0	beau, vapeurs	S très-faible	20,0	13,5
25	62,7	11,5	beau	NO très-faible	62,1	18,6	beau	N très-faible	61,2	18,0	beau	E très-faible	19,5	9,0
26	61,7	13,0	couvert, pluie	N faible	61,5	15,0	couvert, pluie	N faible	61.2	14,9	couvert	NE très-faible	15,8	12,5
27	61,2	15,0	couvert, pluie	NE très-faible	60,6	18,5	presque couvert	SE assez fort	59,8	17,5	très-nuageux	S faible	20,4	14,0
28	59,6	14,0	couvert, pluie	NE faible	59,5	17,9	couvert	ENE faible	58,8	17,0	couvert	ENE faible	19,0	14,0
29	59,8	15,5	couvert	NE faible	60,0	18,1	presque couvert	E faible	59,6	18,0	couvert	SE faible	20,5	14,9
30	61,3	14,0	brouillard	NO très-faible	61,1	16,5	couvert	NO très-faible	60,6	16,0	couvert	ONO très-faible	17,3	12,9
31	60,2	14,0	couvert	NE faible	59,4	16,2	couvert	NE faible	58,4	15,5	couvert, pluie	E faible	16,5	13,0
Moyenne du mois.	760,88	13,77			760,63	17,75			759,98	17,09			19,22	10,80

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 86 millimètres, 75.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — NOVEMBRE 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	756,0	12,0	couvert	NE faible	755,5	13,0	couvert	NE faible	754,9	13,5	couvert	NE faible	14,0	12,0
2	56,4	10,9	couvert	NNE faible	56,6	12,5	couvert	NE faible	56,1	13,0	couvert	SE très-faible	14,0	10,0
3	56,2	11,9	couvert	N très-faible	56,5	15,0	nuageux	NNO très-faible	55,9	14,8	beau, qq. nuages	S très-faible	17,1	10,0
4	56,9	9,0	couvert	N très-faible	56,6	14,0	très-nuageux	NNE très-faible	55,9	12,9	couvert	NE très-faible	15,5	8,0
5	55,9	11,0	couvert	NNE très-faible	56,8	13,2	couvert	N faible	56,3	13,0	couvert	N faible	14,5	9,0
6	54,6	13,1	nuageux	OSO faible	53,3	15,0	couvert, pluie	O faible	52,9	10,5	couvert, pluie	ONO faible	17,5	10,6
7	56,2	3,5	beau	N faible	56,9	9,0	beau	N fort	58,6	6,8	beau	NE fort	9,8	1,0
8	59,7	2,2	beau	NO faible	58,1	6,4	beau	NO assez fort	57,7	5,9	beau	N assez fort	7,5	0,3
9	58,6	2,0	beau	N assez fort	57,7	6,2	beau, cirrus	N assez fort	56,2	5,0	beau, qq. nuages	NNE faible	8,0	0,0
10	55,2	3,2	beau, cirrus	NE faible	55,1	6,0	couvert	NE faible	54,4	6,0	couvert, pluie	N faible	7,5	1,0
11	52,2	7,5	couvert, pluie	NE faible	51,4	8,0	couvert, pluie	NE faible	50,5	8,6	couvert, pluie	NE faible	9,5	6,2
12	49,2	8,2	couvert, pluie	NE faible	48,3	8,0	couvert, pluie	NE faible	47,8	8,5	couvert, pluie	NE faible	9,0	7,5
13	50,1	10,0	couvert, pluie	N faible	50,0	13,0	couvert	SE assez fort	49,6	13,0	couvert	SE assez fort	13,5	8,0
14	50,7	12,0	beau, cirrus	O faible	51,3	15,5	cirrus	N très-faible	51,8	13,9	très-nuageux	NO très-faible	15,7	11,0
15	53,8	10,0	beau, cirrus	NO faible	53,3	13,3	beau, cirrus	ESE faible	52,2	12,0	couvert	S faible	15,0	7,8
16	52,9	10,2	couvert	SO faible	52,9	13,2	nuageux	ONO faible	52,4	12,0	nuageux	NE faible	13,5	9,0
17	50,3	9,5	couvert, pluie	N faible	50,3	12,5	couvert	SE faible	50,2	12,7	couvert	S faible	14,3	7,8
18	53,6	7,6	beau	NO fort	54,7	10,0	beau	NO fort	56,0	8,5	beau	ONO fort	10,5	6,0
19	62,3	4,5	beau	NO faible	62,2	8,0	beau	ONO assez fort	61,9	7,0	beau	ONO assez fort	9,0	3,0
20	59,7	4,0	beau	NO faible	58,5	7,9	cirrus	N faible	56,7	7,5	très-nuageux	NE faible	9,0	2,0
21	58,5	7,0	couvert	N faible	58,7	10,5	beau	NE faible	58,3	9,0	beau, vapeurs	NE très-faible	11,1	5,0
22	56,8	6,5	couvert	NE très-faible	54,5	9,0	très-nuageux	NE faible	52,4	9,8	très-nuageux	NNE faible	11,1	4,0
23	49,0	9,0	couvert	NO très-faible	48,2	12,2	nuageux	N faible	46,9	10,9	nuageux	NE faible	13,1	8,0
24	46,8	4,8	beau, qq. nuages	NO très-faible	47,2	10,0	beau	NNE très-faible	47,0	9,8	nuageux	NE très-faible	11,2	4,0
25	46,5	4,5	couvert	NNE très-faible	44,6	7,0	couvert, pluie	NE faible	42,9	7,3	nuageux	NE faible	8,0	2,3
26	44,7	7,0	nuageux	NNE faible	44,0	12,0	beau, cirrus	SE faible	43,6	10,9	très-nuageux	SE faible	13,5	6,0
27	43,0	11,0	couvert	S très-faible	43,9	13,1	presque couvert	SSE faible	43,0	13,6	très-nuageux	ESE faible	14,5	10,0
28	50,4	8,2	très-nuageux	N faible	51,9	12,5	très-nuageux	NE faible	52,9	12,8	très-nuageux	NE faible	14,0	6,9
29	53,8	10,5	beau	N très-faible	53,5	15,1	beau, vapeurs	SE fort	52,8	14,5	couvert	E très-fort	15,5	9,5
30	55,7	10,5	très-nuageux	ONO assez fort	57,4	13,0	beau	O assez fort	58,4	11,5	beau, qq. nuages	O assez fort	13,4	9,0
Moyenne du mois.	753,52	8,04			753,33	11,14			752,87	10,51			12,31	6,50

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 264 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — DÉCEMBRE 1860.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	758,3	5,0	vapeurs	NO faible	756,7	9,8	voilé	NE faible	753,4	9,9	couvert	ENE faible	10,5	4,0
2	52,0	7,1	beau, vapeurs	N faible	51,4	11,8	très-nuageux	NNE faible	50,8	11,0	couvert	NE faible	13,5	6,5
3	48,8	12,2	couvert, pluie	E fort	47,1	12,8	couvert, pluie	E fort	45,0	13,0	couvert, pluie	E fort	13,5	9,5
4	43,2	13,6	couvert	SE fort	43,7	14,5	presque couvert	SE fort	44,0	13,0	presque couvert	SE assez fort	15,0	11,8
5	49,3	9,5	nuageux	SO faible	50,4	11,9	très-nuageux	SO faible	51,3	11,0	beau, qq. nuages	O très-faible	12,5	7,5
6	53,0	5,8	beau, cirrus	NE faible	53,3	9,5	couvert	NE faible	51,4	10,8	couvert	NE faible	11,0	4,5
7	44,4	14,0	couvert, pluie	S assez fort	42,7	14,2	couvert	S assez fort	42,3	12,2	presque couvert	NNO faible	14,8	9,0
8	38,1	8,8	couvert	NE faible	37,9	11,5	nuageux	SO faible	36,2	11,0	nuageux	E faible	13,0	6,0
9	33,4	9,0	couvert	O assez fort	35,9	10,8	nuageux	O fort	38,3	9,9	nuageux	O assez fort	11,0	7,8
10	48,1	9,2	beau	O très-fort	50,7	11,0	beau	O très-fort	51,7	10,1	beau	O fort	11,5	7,5
11	45,2	7,2	vapeurs	SO faible	43,7	11,5	très-nuageux	O assez fort	42,9	10,0	beau, qq. nuages	O assez fort	12,5	6,0
12	51,4	8,1	très-nuageux	O fort	52,4	10,0	beau	O fort	52,7	9,0	beau	NNO fort	10,5	6,9
13	53,5	6,0	beau	NO faible	53,2	8,8	beau	N faible	52,8	7,0	beau	N faible	9,0	5,0
14	55,4	2,0	beau	O faible	55,4	7,0	beau	N faible	55,3	6,8	beau	NNE faible	7,9	1,0
15	57,0	2,0	beau	N faible	56,6	5,5	beau	NNE faible	55,9	5,0	beau	NNE faible	6,5	1,0
16	55,7	— 0,9	beau	NO faible	54,9	3,5	beau	NNO faible	53,0	3,0	beau	N faible	5,0	— 1,5
17	50,1	1,2	très-nuageux	O assez fort	48,6	5,4	très-nuageux	ONO fort	46,9	3,0	couvert, pluie	SSO faible	6,2	— 2,1
18	49,9	2,6	beau	NO assez fort	51,1	5,5	beau	ONO fort	50,6	4,0	beau, qq. nuages	ONO assez fort	6,3	1,5
19	45,2	2,5	couvert	NNE faible	45,6	6,0	très-nuageux	NNE faible	46,2	6,0	nuageux	N faible	7,7	0,5
20	52,5	2,0	beau	NO faible	52,9	7,0	beau	ONO assez fort	54,5	5,0	beau	NO assez fort	8,1	1,0
21	52,9	0,4	neige	NE faible	52,1	3,0	très-nuageux	NO faible	51,9	2,6	beau, qq. nuages	NO faible	4,5	0,0
22	51,0	— 1,0	beau, qq. nuages	NO fort	50,5	2,0	nuageux	NO fort	50,5	1,0	nuageux	NO fort	3,0	— 2,1
23	52,8	— 0,8	beau	O très-faible	51,9	1,5	beau, vapeurs	NE faible	50,2	1,2	couvert	NE faible	3,0	— 1,2
24	42,4	0,0	neige	NNE faible	44,2	1,8	couvert	NNE faible	43,9	1,0	couvert	NNE faible	2,8	— 1,8
25	37,9	7,5	couvert	NE faible	37,2	10,5	beau, qq. nuages	S très-faible	38,0	9,8	nuageux	N très-faible	12,5	0,8
26	51,2	4,5	beau	NO très-faible	51,6	9,1	beau, vapeurs	NO très-faible	51,8	9,8	beau, vapeurs	NNE très-faible	10,4	3,5
27	51,9	7,0	beau, vapeurs	NNE très-faible	51,2	8,5	couvert	SO faible	50,1	8,7	nuageux	N très-faible	9,5	4,6
28	49,9	4,9	couvert, pluie	N faible	50,1	8,6	très-nuageux	SO faible	51,0	10,5	couvert	NO très-faible	11,0	4,9
29	60,9	2,8	beau, vapeurs	NO très-faible	61,2	6,5	beau, vapeurs	NNO très-faible	61,2	5,0	vapeurs	NE assez fort	7,3	2,3
30	63,3	2,0	couvert, pluie	N faible	62,4	3,2	couvert, pluie	NE faible	60,7	4,0	couvert, pluie	NNE assez fort	4,5	1,0
31	56,8	10,0	très-nuageux	O faible	55,9	14,5	beau, qq. nuages	ONO fort	56,3	14,0	nuageux	NO fort	15,8	8,9
Moyenne du mois.	750,18	5,29			750,08	8,30			749,70	7,69			9,36	3,51

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 56 millimètres, 25.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER EN 1860.

1860.	HUIT HEURES DU MATIN.		MIDI.		QUATRE HEURES DU SOIR.		TEMPÉRATURE			NOMBRE DES JOURS où le ciel a été généralement			JOURS de pluie.	PLUIE en millimètres.
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur	Maxima.	Minima.	Moyenne.	Beau.	Nuageux.	Couvert.		
Janvier.....	757,07	6,63	756,79	9,22	756,38	9,16	10,52	4,98	7,75	6	12	13	15	254,75
Février.....	755,72	1,80	755,56	6,24	755,09	5,98	7,96	— 0,89	4,17	17	9	3	3	1,35
Mars.....	757,03	7,45	756,60	11,32	755,65	11,20	13,15	8,97	8,56	17	10	4	3	9,00
Avril.....	753,93	11,10	753,58	13,92	753,11	13,63	15,58	7,15	11,36	8	10	12	8	35,75
Mai.....	756,56	17,61	756,33	20,71	755,66	20,09	22,67	12,44	17,55	14	10	7	7	113,00
Juin.....	756,22	19,43	756,07	22,70	755,37	22,42	24,97	14,78	19,87	15	7	8	9	59,00
Juillet.....	756.47	22,43	756,01	25,99	755,04	25,87	28,70	16,66	22,68	17	14	0	1	5,00
Août.....	756,67	20,89	756,42	24,42	755,65	24,13	26,64	16,54	21,59	14	13	4	4	22,37
Septembre.....	756,01	17,65	755,79	20,88	755,35	20,62	23,17	13,92	18,54	9	12	9	10	148,50
Octobre.....	760,88	13,77	760,63	17,75	759,98	17,09	19,22	10,80	15,01	14	9	8	7	36,75
Novembre.....	753,52	8,04	753,33	11,14	752,87	10,51	12,31	6,50	9,40	7	11	12	13	264,00
Décembre.....	750,18	5,29	750,08	8,30	749,70	7,69	9,36	3,51	6,43	10	11	10	10	56,25
Moyenne de l'année.	755,85	12,67	755,59	16,05	754,99	15,70	17,85	9,24	13,55					
TOTAL.										148	128	90	90	1005,72

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

PENDANT L'ANNÉE 1861.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — JANVIER 1861.

JOURS du mois	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent	Maximum.	Minimum.
1	754,8	12,0	beau, qq. nuages	O assez fort	754,4	15,0	très-nuageux	O fort	752,6	12,8	beau, qq. nuages	O très-fort	15,4	12,0
2	50,9	8,8	couvert	ONO très-faible	50,9	10,5	couvert	NO très-faible	50,6	9,8	couvert	NO très-faible	11,5	8,0
3	53,9	6,7	beau	NNO assez fort	55,3	9,3	beau	NE faible	55,4	6,0	beau, qq. vap.	NE faible	9,5	3,9
4	55,5	1,0	nuageux	NNE faible	55,2	3,5	presque couvert	NNE faible	53,5	3,8	couvert	N assez fort	5,0	1,0
5	51,9	1,0	nuageux	NNE assez fort	52,2	3,9	presque couvert	NNE assez fort	51,4	3,5	très-nuageux	NNE assez fort	5,0	0,5
6	51,2	— 0,5	beau	NNE assez fort	52,4	2,5	beau	NE assez fort	52,4	2,3	beau	NNE assez fort	3,5	— 1,0
7	56,6	— 1,3	nuageux	NE faible	55,9	1,5	beau, qq. nuages	NNE faible	54,9	2,0	beau, qq. nuages	NNE faible	3,5	— 2,0
8	55,0	2,2	couvert	NNE assez fort	55,6	— 1,0	neige	NNO fort	55,7	1,6	couvert	N assez fort	2,7	— 2,9
9	56,7	2,0	couvert	N faible	57,4	3,2	couvert	NNE assez fort	57,7	2,2	couvert, pluie	NNE faible	3,5	— 0,3
10	59,0	4,5	couvert, pluie	NE très-faible	59,6	4,8	couvert, pluie	N faible	59,2	5,0	couvert, pluie	NE faible	6,2	2,0
11	60,5	0,8	nuageux	NNE très-faible	60,2	6,5	beau	N très-faible	59,0	7,0	beau, vapeurs	NNE très-faible	7,7	0,5
12	57,9	— 0,9	beau	N faible	56,7	3,0	beau, vapeurs	NNE faible	55,7	3,1	beau, vapeurs	NE faible	5,4	— 1,9
13	54,0	— 1,0	couvert	NNO très-faible	53,2	2,2	très-nuageux	NNE très-faible	52,3	3,0	presque couvert	NNE très-faible	4,0	— 2,0
14	51,2	3,1	couvert	NE très-faible	51,1	6,5	très-nuageux	NE très-faible	50,0	6,5	très-nuageux	NE très-faible	8,5	2,0
15	48,8	5,9	couvert	NE faible	47,4	5,9	couvert	NE assez fort	46,4	5,0	couvert, pluie	NE assez fort	6,5	4,0
16	49,2	3,0	couvert	NE faible	49,2	4,0	couvert, pluie	NNE assez fort	49,7	4,0	couvert	NE assez fort	5,5	2,3
17	51,7	1,0	beau, vapeurs	NO très-faible	53,7	4,0	beau	N très-faible	54,8	4,5	beau	NE très-faible	4,8	0,0
18	57,2	— 2,5	beau	N très-faible	58,4	2,0	beau	N faible	58,3	2,5	beau, qq. vap.	N faible	3,4	— 3,2
19	62,0	— 4,2	beau	N faible	61,9	3,4	beau	N faible	61,8	2,1	beau, vapeurs	NNO très-faible	5,3	— 4,2
20	62,5	— 1,0	beau	ONO très-faible	62,3	5,6	beau, cirrus	O très-faible	62,1	6,8	presque couvert	ONO très-faible	7,3	— 2,3
21	69,1	2,8	beau, qq. vap.	NNE faible	69,9	7,1	beau	NE faible	69,7	8,0	beau	NE faible	9,0	1,0
22	65,6	1,6	beau	ONO très-faible	63,7	11,0	beau	ONO très-faible	62,1	14,2	beau	NNO très-faible	14,9	— 0,2
23	61,2	5,0	beau, vapeurs	S très-faible	61,7	8,9	beau	S très-faible	61,6	10,9	beau, vapeurs	S très-faible	11,0	4,0
24	65,8	4,0	couvert	NNO très-faible	67,0	7,5	couvert	NE très-faible	66,9	7,9	couvert	NE très-faible	8,7	0,5
25	69,4	8,3	couvert	NE très-faible	70,5	10,1	couvert	NE faible	69,9	10,0	couvert	NE faible	11,3	2,5
26	70,9	5,2	couvert	N faible	70,4	11,0	cirrus	N faible	68,5	11,0	beau, qq. nuages	SO faible	12,4	2,0
27	65,2	6,9	beau	NE faible	64,4	13,9	beau	NE faible	63,5	14,9	beau, vapeurs	NE faible	15,5	6,5
28	61,2	6,8	vaporeux	O très-faible	60,6	16,4	beau	N faible	61,0	17,2	beau, qq. nuages	N faible	18,0	4,8
29	65,1	5,4	couvert	NE faible	65,3	10,0	presque couvert	NE faible	64,1	11,1	couvert	NE faible	12,0	4,8
30	64,2	7,2	beau	N faible	64,5	11,3	beau	NO faible	63,0	10,4	beau	SO faible	12,2	6,5
31	67,2	4,2	nuageux	NNE faible	66,7	9,9	très-nuageux	NNE faible	66,6	10,1	couvert	NE faible	11,5	2,8
Moyenne du mois.	758,88	3,16			758,96	6,88			758,40	7,07			8,41	1,66

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 47 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — FÉVRIER 1861.

JOURS du mois	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent	Maximum.	Minimum.
1	767,7	8,2	brouillard	NE faible	767,9	10,5	couvert	NE faible	767,5	11,0	couvert	NE faible	12,0	8,0
2	67,9	4,2	beau, vapeurs	NO faible	67,0	12,5	beau, vapeurs	O faible	66,2	15,3	nuageux	N faible	16,3	3,5
3	68,1	4,0	beau	N assez fort	67,3	9,8	beau	NNO assez fort	66,3	10,2	beau	N assez fort	11,5	3,0
4	64,8	3,0	couvert	NE très-faible	64,0	6,1	couvert	NE faible	62,8	8,5	couvert	NE faible	9,0	— 0,2
5	62,3	7,5	couvert	NE faible	62,0	9,0	couvert, pluie	NE faible	59,6	10,3	couvert	S faible	11,3	6,0
6	56,6	10,5	couvert	S assez fort	56,0	11,9	couvert	SE assez fort	54,9	11,5	couvert	SE assez fort	12,5	9,6
7	53,4	8,9	couvert	NO assez fort	53,3	11,9	beau	SO faible	52,0	10,5	beau	E faible	12,8	8,5
8	49,8	10,2	nuageux	E faible	49,4	11,5	couvert, pluie	S faible	47,6	11,0	couvert, pluie	E faible	13,4	7,5
9	46,1	5,5	couvert, pluie	N faible	47,8	6,7	couvert, pluie	N faible	48,6	8,7	très-nuageux	NO faible	9,0	5,0
10	55,9	3,0	beau	NO faible	55,4	10,4	beau	NNE faible	53,7	10,9	beau	NNE faible	11,4	2,0
11	46,1	6,8	beau	NNO faible	44,9	9,4	beau	NE assez fort	44,7	9,5	beau, qq. nuages	N assez fort	11,0	5,0
12	52,6	1,7	beau, qq. nuages	O faible	53,6	6,3	beau	O faible	53,9	6,8	beau	SSO faible	7,5	— 0,2
13	59,0	5,0	couvert	NNE faible	60,3	7,7	couvert	N faible	60,1	10,2	beau, qq. nuages	ONO très-faible	11,0	2,5
14	63,9	3,0	vaporeux	N faible	63,5	8,5	presque couvert	NE faible	61,7	10,1	couvert	ENE faible	10,2	1,5
15	60,0	10,5	couvert	S assez fort	59,0	12,0	presque couvert	SE assez fort	57,6	10,8	couvert	ESE assez fort	13,4	8,4
16	55,5	7,0	couvert	NNO assez fort	56,8	8,0	couvert	NNO faible	56,7	10,5	beau, qq. nuages	NE faible	11,5	6,5
17	56,0	5,5	vapeurs	NNE faible	55,1	11,1	nuageux	SE assez fort	53,4	10,8	nuageux	SSE faible	12,5	3,5
18	51,5	7,5	couvert, pluie	NE assez fort	53,1	7,9	presque couvert	NE faible	53,7	10,0	nuageux	N faible	10,0	6,5
19	54,4	7,5	très-nuageux	NE faible	54,5	12,1	très-nuageux	SE fort	53,8	11,8	très-nuageux	SE faible	14,0	6,9
20	54,6	9,0	couvert, pluie	NE faible	55,9	9,0	couvert, pluie	N faible	55,2	10,9	couvert	E assez fort	11,0	9,0
21	60,9	8,5	couvert	S faible	61,2	12,8	très-nuageux	SE faible	60,2	11,7	nuageux	SE faible	14,2	7,0
22	59,4	11,0	couvert	E fort	58,9	11,8	couvert	ESE fort	57,5	11,5	couvert	SE fort	12,5	8,8
23	54,9	11,5	couvert	SE fort	52,9	12,0	couvert	SE très-fort	51,8	12,0	couvert	SE fort	12,8	10,3
24	56,8	5,8	beau	N très-faible	57,4	11,5	beau	NO très-faible	56,7	12,0	beau, qq. nuages	ONO très-faible	13,5	4,0
25	52,8	7,3	couvert	NO faible	52,3	5,5	couvert, pluie	N fort	50,8	6,7	couvert, pluie	NO fort	9,5	5,5
26	55,5	6,2	couvert, pluie	SO faible	56,4	9,0	couvert, pluie	ONO faible	56,4	10,2	couvert	NNO faible	10,8	5,5
27	57,8	7,0	beau	NO faible	57,6	12,0	beau	NO faible	56,8	12,0	beau, qq. nuages	O faible	13,8	5,0
28	58,7	8,5	couvert	O faible	58,7	11,1	très-nuageux	ONO faible	58,2	11,2	très-nuageux	ONO faible	12,4	7,0
Moyenne du mois.	757,25	6,94			757,22	9,89			756,37	10,59			11,78	5,56

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 205 millimètres, 25.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — MARS 1861.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	760,8	8,5	beau, qq. nuages	NO fort	760,3	11,9	beau, qq. nuages	ONO très-fort	759,7	11,3	très-nuageux	ONO fort	13,5	6,5
2	61,5	10,2	très-nuageux	O fort	62,7	13,0	nuageux	ONO très-fort	63,7	12,9	beau, qq. nuages	ONO très-fort	14,3	8,5
3	65,4	10,6	nuageux	N faible	64,7	13,5	très-nuageux	O très-fort	63,1	13,6	très-nuageux	ONO faible	15,0	7,5
4	61,1	12,5	beau, qq. nuages	O assez fort	60,5	14,0	beau, qq. nuages	NO très-fort	58,2	14,1	très-nuageux	NO très-fort	15,1	9,8
5	63,8	7,5	beau, qq. nuages	N fort	63,5	11,0	beau	NNO assez fort	62,1	12,1	beau	N fort	12,8	5,0
6	63,9	8,0	beau, vapeurs	NO assez fort	63,1	14,8	beau, qq. cirrus	N assez fort	61,2	14,9	beau	SE assez fort	16,7	5,0
7	59,6	11,0	très-nuageux	ONO très-fort	59,9	13,7	beau, qq. nuages	NO très-fort	59,5	13,0	beau, qq. nuages	NO fort	15,7	8,8
8	63,7	8,0	beau	NNO assez fort	63,5	15,3	beau	N assez fort	62,3	16,0	beau	NO assez fort	17,5	5,5
9	64,1	14,0	beau	NO assez fort	64,3	18,5	beau	N assez fort	63,4	19,2	beau, qq. nuages	N assez fort	20,8	10,2
10	64,9	11,0	beau	N faible	63,6	18,3	beau	NNO assez fort	61,4	18,5	beau	O faible	20,4	8,5
11	57,4	10,9	nuageux	ONO fort	56,3	14,5	très-nuageux	ONO très-fort	53,8	13,8	très-nuageux	O très-fort	15,5	8,0
12	52,2	9,8	nuageux	ONO très-fort	49,4	13,7	nuageux	O violent	48,0	12,9	nuageux	O violent	14,5	7,5
13	49,1	9,8	nuageux	O très-fort	50,2	8,8	voilé	NO très-fort	50,4	10,5	beau, qq. nuages	NO très-fort	11,5	6,5
14	58,6	6,5	beau	NNO très-fort	59,9	10,2	beau	N fort	61,2	10,5	beau	NNO fort	11,5	4,8
15	63,3	6,3	nuageux	N faible	63,3	9,5	beau	NE faible	62,6	11,5	beau, qq. nuages	NNE faible	12,0	3,5
16	63,1	6,2	beau	N faible	62,9	11,5	beau	NNE faible	61,5	11,1	beau	S faible	13,3	1,5
17	62,5	8,9	beau	NO faible	60,9	13,5	beau	NO assez fort	58,9	14,2	beau	NO assez fort	15,4	3,5
18	54,4	9,5	couvert	O assez fort	54,4	12,0	nuageux	O assez fort	52,4	11,8	nuageux	ONO assez fort	14,0	7,0
19	47,7	14,0	nuageux	O assez fort	48,2	16,0	nuageux	ONO très-fort	46,0	16,0	beau, qq. nuages	ONO violent	17,3	8,3
20	54,2	10,5	nuageux	NO très-fort	57,2	13,8	très-nuageux	NO très-fort	55,9	13,5	nuageux	NO très-fort	15,3	7,5
21	55,3	11,5	beau, qq. nuages	O très-fort	55,0	14,8	beau	NO très-fort	53,5	16,0	beau, qq. nuages	NO fort	16,5	8,0
22	55,2	10,8	nuageux	NO fort	56,0	13,5	nuageux	NNO très-fort	55,2	15,0	beau	NO fort	16,0	8,0
23	56,8	11,0	beau	NO faible	56,7	15,4	beau	E faible	56,0	14,5	beau	SSE faible	15,8	5,9
24	56,1	10,5	beau	NE faible	56,0	14,9	vapeurs	SE fort	53,2	10,5	couvert, pluie	SE faible	16,1	7,0
25	54,1	7,5	couvert, pluie	N assez fort	54,0	9,5	couvert	NE assez fort	52,7	9,0	couvert	NE assez fort	10,0	7,0
26	51,6	7,9	couvert, pluie	N faible	51,2	10,6	couvert, pluie	NE faible	49,5	10,8	couvert	NE faible	12,1	7,0
27	48,3	9,8	beau, cirrus	N faible	48,1	14,2	beau	S faible	47,6	13,8	nuageux	S faible	16,5	7,4
28	47,1	11,7	couvert	E faible	47,3	12,8	couvert	SE assez fort	46,6	12,0	couvert, pluie	E faible	13,7	9,3
29	49,0	9,8	couvert, pluie	NE faible	49,7	11,0	couvert, pluie	N faible	50,1	10,5	couvert, pluie	NO faible	13,0	9,0
30	51,5	10,0	couvert	NO faible	52,5	11,8	couvert	N faible	52,2	12,5	couvert	NO faible	13,5	8,0
31	51,9	9,0	couvert	NE faible	50,6	9,0	couvert, pluie	NNE faible	49,8	12,8	couvert	S faible	13,5	8,0
Moyenne du mois.	757,04	9,78			756,96	13,06			755,93	13,19			14,80	7,03

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 68 millimètres, 75.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — AVRIL 1861.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	755,7	9,5	beau	ONO faible	756,3	12,7	beau, qq. nuages	ONO assez fort	756,1	12,8	beau, qq. nuages	SSO assez fort	14,5	5,0
2	58,0	10,7	très-nuageux	NE faible	58,2	14,0	très-nuageux	SE assez fort	58,0	13,5	très-nuageux	SE assez fort	16,0	7,0
3	59,0	11,0	couvert	NE faible	59,5	16,5	très-nuageux	SSE assez fort	58,5	15,2	beau, qq. nuages	S faible	18,4	9,5
4	57,9	12,1	très-nuageux	NE faible	57,7	15,5	nuageux	SE faible	56,9	15,0	nuageux	SE faible	17,5	9,0
5	57,0	11,5	couvert	SSE faible	57,3	16,0	presque couvert	SE faible	56,6	16,3	beau, qq. nuages	S faible	18,5	10,8
6	57,5	13,5	beau	O faible	57,5	18,8	beau	S faible	57,1	18,8	beau	S faible	20,5	8,0
7	57,9	16,6	beau, vapeurs	NO très-faible	57,6	21,5	beau, qq. nuages	S faible	57,1	19,0	couvert	NO faible	23,7	10,5
8	58,8	16,1	beau, cirrus	NNO assez fort	58,4	19,5	beau, qq. nuages	NNE faible	57,2	19,4	beau	NNO faible	20,8	12,0
9	58,4	11,3	beau	N fort	58,5	14,3	beau	N assez fort	58,2	13,5	nuageux	NE assez fort	16,0	8,0
10	61,0	9,0	nuageux	N faible	60,7	13,5	très-nuageux	NO faible	59,6	14,9	nuageux	NO faible	15,5	4,5
11	59,4	11,1	beau	NO faible	58,2	16,0	vapeurs	NE assez fort	56,8	17,7	voilé	NNO assez fort	19,5	4,8
12	57,2	12,0	beau	N très-faible	56,3	18,8	beau, qq. vap.	SO très-faible	54,3	18,9	beau	S très-faible	21,4	8,0
13	55,7	12,0	beau	N faible	56,0	16,9	beau	NE faible	55,7	17,8	beau	S faible	21,0	8,0
14	57,6	14,5	beau	N faible	57,2	18,8	beau	NE faible	56,3	19,2	beau	S faible	22,0	7,5
15	55,7	16,0	beau, qq. vap.	N faible	55,3	21,0	beau	S faible	54,9	20,0	beau	SE faible	24,5	10,0
16	62,3	14,5	très-nuageux	NE faible	63,5	18,9	beau, vapeurs	SSE assez fort	64,0	17,5	beau	SSE faible	20,5	11,0
17	64,5	14,8	beau	NO faible	63,5	20,0	beau	S faible	62,1	19,8	beau	S faible	21,8	8,5
18	60,7	13,3	beau	NNE faible	59,5	17,8	beau	S faible	58,4	16,5	beau	S faible	21,9	7,5
19	56,0	14,6	beau	NE faible	55,8	16,5	beau	SSE faible	54,2	16,0	beau	S faible	18,0	7,0
20	52,2	14,5	beau	N faible	51,2	19,0	beau	S faible	51,6	16,5	beau	SSE faible	21,2	6,0
21	54,2	13,8	beau	NE faible	52,5	17,0	beau	SSE faible	51,4	11,0	nuageux	S faible	18,8	10,0
22	47,2	12,5	cirrus	NO faible	45,8	18,5	beau	N faible	44,9	18,9	nuageux	N assez fort	22,0	8,9
23	47,3	10,9	beau, qq. nuages	NNO très-fort	47,4	12,2	nuageux	NO très-fort	47,3	13,6	nuageux	NO très-fort	15,0	8,4
24	50,5	12,0	beau	NO assez fort	51,4	16,2	beau	NO assez fort	50,8	17,0	beau	N assez fort	18,9	6,4
25	56,0	14,3	beau	NNE très-fort	56,6	17,2	beau	NNE assez fort	56,4	18,2	beau	SSO faible	20,0	6,0
26	58,0	17,8	beau	NO faible	57,5	22,0	beau	SO faible	56,4	21,5	beau	SO faible	24,5	9,0
27	57,2	18,8	beau	N faible	56,3	22,9	beau	S faible	54,3	20,9	nuageux	SSO faible	25,0	11,0
28	54,0	16,9	nuageux	O assez fort	53,8	21,0	beau	ONO assez fort	52,7	21,0	beau, qq. vap.	ONO assez fort	23,0	13,0
29	55,5	12,5	beau	NE assez fort	55,0	16,9	beau	N assez fort	54,6	16,5	beau	N fort	17,2	8,5
30	59,4	12,8	beau	NE faible	59,4	16,5	beau	NE faible	59,1	18,4	beau	S faible	19,8	6,5
Moyenne du mois.	756,73	13,36			756,46	17,55			755,72	17,16			19,91	8,34

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 0mm,80.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — MAI 1861.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	763,0	12,8	beau	NNO fort	763,1	17,7	beau	NNE faible	762,2	17,5	beau	SSE faible	20,2	6,0
2	61,8	13,0	beau	NE faible	60,8	19,2	beau	S faible	59,4	19,5	beau	S faible	22,5	7,0
3	59,0	15,8	beau	NNO fort	57,9	19,7	beau	NNO assez fort	56,1	20,8	beau, qq. nuages	N fort	21,5	10,5
4	52,6	15,8	nuageux	NO très-fort	52,9	12,5	couvert	NO fort	50,6	17,9	beau, qq. nuages	NO fort	18,5	12,5
5	52,2	9,9	nuageux	NO très-fort	52,9	11,0	beau, qq. nuages	NO très-fort	53,0	11,3	beau, qq. nuages	NO très-fort	13,0	5,5
6	54,3	10,9	beau	NO très-fort	54,6	13,0	très-nuageux	NO très-fort	54,5	13,0	nuageux	N très-fort	14,5	5,0
7	53,7	12,0	beau	NO fort	52,1	17,0	beau	NO faible	50,7	17,5	beau	SO faible	18,5	6,5
8	52,0	12,9	beau, qq. vap.	N faible	51,7	18,0	beau	S faible	50,7	16,5	beau	S faible	19,5	6,0
9	53,4	13,9	nuageux	SE fort	54,3	18,1	très-nuageux	S fort	54,1	15,0	presque couvert	SE assez fort	20,5	12,4
10	56,7	14,0	couvert	SE assez fort	56,4	15,3	couvert	SE fort	56,0	14,8	couvert	SE assez fort	17,6	13,0
11	53,2	9,5	couvert, pluie	NNO faible	51,9	14,0	couvert	NE faible	50,7	14,6	couvert	E très-fort	15,0	9,5
12	50,7	12,1	couvert, pluie	NE faible	51,2	12,0	couvert, pluie	E assez fort	52,1	12,8	couvert	E très-fort	13,2	12,0
13	58,0	12,2	couvert, pluie	NO faible	58,1	16,5	presque couvert	NO faible	57,8	16,1	couvert	NO fort	17,5	10,4
14	58,1	17,4	presque couvert	NO faible	57,8	22,9	nuageux	N faible	57,5	21,7	nuageux	NE faible	23,7	12,5
15	58,4	18,9	beau, qq. nuages	NO faible	57,9	22,8	beau, qq. nuages	NE faible	56,9	23,0	nuageux	NE faible	25,5	12,0
16	56,0	21,0	beau	NNO faible	55,7	23,1	beau	NE faible	54,1	24,5	beau	S faible	26,5	13,5
17	54,6	21,0	beau, qq. cirrus	NO faible	53,5	25,5	beau	NO faible	52,3	26,5	beau	NE assez fort	28,0	13,5
18	53,7	21,9	beau	NO faible	53,6	22,8	beau	NE faible	53,5	23,6	beau	N assez fort	24,5	16,0
19	56,3	17,9	beau	NE assez fort	56,3	22,0	beau	N assez fort	55,7	22,8	beau	NE assez fort	24,0	12,4
20	62,1	16,3	beau	NNE assez fort	62,4	22,0	beau	O faible	61,5	21,5	beau	SO faible	24,5	11,0
21	63,5	18,2	beau	NE assez fort	62,8	22,9	beau	NNE assez fort	61,1	23,5	beau	SSE assez fort	26,0	11,5
22	60,7	21,6	beau	N faible	59,5	24,8	beau	NE faible	57,3	26,1	beau	S faible	28,1	13,5
23	56,1	23,1	beau	N assez fort	55,6	25,9	beau	NE assez fort	55,2	23,8	beau, vapeurs	S assez fort	28,0	16,5
24	56,0	22,0	nuageux	S faible	55,6	24,5	beau, qq. cirrus	SSE faible	54,5	22,0	très-nuageux	S faible	26,5	13,5
25	53,6	23,5	beau, vapeurs	NE faible	53,3	27,1	beau, qq. nuages	S faible	52,1	28,2	beau, qq. nuages	S faible	30,5	14,0
26	55,5	23,8	beau	NE faible	56,2	25,5	beau	SE assez fort	55,6	25,1	beau, qq. nuages	S assez fort	27,5	17,5
27	57,8	20,0	nuageux	ENE faible	58,5	22,9	presque couvert	S faible	57,7	23,2	nébuleux	S faible	26,5	15,0
28	57,0	18,0	brouillard	E faible	57,4	18,5	brouillard	E faible	56,8	21,9	couvert	E faible	24,1	15,5
29	56,0	19,9	très-nuageux	E faible	55,9	22,0	très-nuageux	E faible	54,9	22,0	nuageux	SE faible	25,5	16,4
30	55,5	20,4	couvert	E faible	55,3	24,0	couvert	SE faible	54,9	24,0	nuageux	SO assez fort	27,3	16,0
31	54,7	20,3	couvert	N assez fort	56,3	16,0	couvert, pluie	N assez fort	55,3	17,8	couvert	N fort	21,5	16,5
Moyenne du mois.	756,33	17,23			756,18	19,97			755,82	20,27			22,59	12,04

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 172 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — JUIN 1861.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	756,4	20,0	couvert	N faible	756,3	21,1	nuageux	NO assez fort	755,6	21,5	nuageux	N assez fort	22,5	17,0
2	56,6	17,8	beau	N fort	57,1	20,1	beau, qq. nuages	NO fort	56,9	20,8	beau, qq. nuages	NO fort	22,3	15,0
3	59,2	17,1	beau	NO assez fort	59,1	20,7	beau	NO assez fort	58,3	20,6	beau	NO assez fort	23,0	11,5
4	59,4	18,2	couvert	O faible	58,4	22,0	nuageux	NO faible	57,4	21,8	couvert	S faible	25,5	12,5
5	57,7	18,0	nuageux	NO assez fort	56,4	20,3	beau	NO fort	55,1	21,5	beau, qq. nuages	NO fort	22,3	15,0
6	54,4	19,8	beau, cirrus	NO faible	53,2	22,0	nuageux	S faible	52,3	21,8	nuageux	S faible	25,5	13,0
7	54,1	18,2	beau, qq. nuages	NE faible	53,9	22,6	beau	SE faible	53,7	21,2	beau, qq. nuages	S faible	24,5	14,0
8	53,9	17,8	couvert	NE faible	53,7	20,2	nuageux	SE assez fort	52,9	19,2	couvert	S assez fort	23,5	13,0
9	54,5	19,8	beau, qq. nuages	NE faible	54,8	23,9	beau, qq. nuages	SSE faible	54,8	21,7	nuageux	S faible	26,0	15,0
10	59,7	18,6	beau, qq. nuages	ONO assez fort	59,6	21,9	nuageux	NO fort	58,8	22,8	beau, qq. nuages	NO assez fort	23,5	13,0
11	61,0	20,8	beau	NO assez fort	60,6	24,5	beau	NNO assez fort	59,5	25,0	beau	NNO assez fort	26,5	15,0
12	60,8	21,5	beau	NNE assez fort	59,8	25,2	beau	NNE assez fort	58,8	26,8	beau	SSE faible	28,0	15,0
13	58,3	23,8	beau	NE faible	57,9	27,8	beau	SSE faible	56,8	27,0	beau	S faible	30,0	17,0
14	58,5	22,8	beau	N faible	58,5	26,3	beau	SE faible	58,3	25,1	nuageux	S faible	28,5	15,0
15	57,3	21,8	vapeurs	E faible	57,8	26,0	beau, cirrus	S assez fort	57,8	25,0	nuageux	S faible	28,5	16,0
16	58,2	22,0	beau	NE faible	58,1	25,5	beau	SSE faible	56,9	24,0	beau	S faible	27,0	15,5
17	56,4	23,0	beau	NE faible	56,2	27,5	beau	S faible	55,4	26,0	beau, qq. nuages	S faible	29,0	15,5
18	56,5	27,0	beau	NO faible	56,3	32,2	beau	S faible	56,5	27,0	beau, qq. nuages	S faible	31,4	18,0
19	58,9	25,8	beau, qq. nuages	SE faible	58,7	27,5	beau	SSE faible	58,2	25,3	beau	S faible	28,5	18,5
20	59,7	23,0	beau, qq. nuages	NE faible	60,2	26,0	beau	SE assez fort	59,6	27,0	nuageux	SE assez fort	29,0	18,5
21	58,9	25,5	beau, vapeurs	S faible	59,4	28,0	vaporeux	S assez fort	57,8	26,9	vaporeux	SE assez fort	30,0	18,7
22	57,6	26,0	beau	E faible	57,3	28,2	beau	S assez fort	55,2	27,0	vaporeux	S assez fort	29,5	20,0
23	55,0	21,5	couvert, pluie	NE faible	55,1	21,0	couvert	NE faible	54,3	23,6	couvert	SE faible	26,7	20,0
24	58,1	22,3	beau	N assez fort	58,2	24,7	beau	N assez fort	57,3	26,5	beau	NO faible	27,0	18,2
25	57,6	23,6	beau	N faible	56,8	27,8	beau	S faible	55,4	27,0	beau	S assez fort	29,7	18,0
26	53,0	22,6	beau, cirrus	NE faible	53,1	22,0	couvert	N faible	53,2	22,0	couvert	NE faible	23,0	18,2
27	51,4	20,0	nuageux	NO fort	51,1	21,5	nuageux	NO fort	50,7	21,9	nuageux	NO fort	23,5	14,5
28	52,0	18,5	beau, qq. nuages	NO assez fort	52,6	22,6	beau, qq. nuages	NO assez fort	53,5	22,2	nuageux	NO fort	25,5	14,0
29	57,9	20,9	beau	NO fort	57,6	23,5	beau, qq. nuages	ONO fort	57,1	21,9	couvert	ONO fort	25,3	17,8
30	58,7	21,8	beau, qq. nuages	O assez fort	58,6	23,0	nuageux	ONO fort	58,5	22,7	beau, qq. nuages	O très-fort	24,5	16,0
Moyenne du mois.	757,06	21,32			756,88	24,19			756,22	23,77			26,42	15,95

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 15 millimètres, 50.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — JUILLET 1861.

JOURS du mois	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	761,3	19,0	beau	NO fort	760,6	22,1	beau	NO assez fort	759,7	24,0	beau	NO assez fort	25,0	14,5
2	60,0	21,9	beau	NNO faible	58,9	25,5	beau	NE faible	57,2	26,0	beau	SE faible	29,3	14,9
3	57,5	22,8	beau	NO faible	56,0	25,9	beau	N assez fort	54,3	27,6	beau	NNO assez fort	30,2	17,9
4	52,6	23,0	beau, qq. cirrus	NO faible	51,8	25,5	beau	SE faible	50,9	24,5	couvert	SE assez fort	27,5	16,2
5	48,9	20,0	couvert	SE assez fort	49,0	20,2	couvert	SE fort	48,5	20,2	couvert	SE assez fort	22,5	19,0
6	49,8	19,0	couvert	NE assez fort	49,2	23,0	presque couvert	E faible	49,1	22,2	couvert	SE faible	26,5	16,0
7	55,5	21,0	nuageux	O assez fort	56,3	23,5	nuageux	O assez fort	56,6	23,5	beau	O fort	25,0	16,5
8	58,1	22,0	beau	NO faible	56,8	25,8	beau, qq. cirrus	S faible	55,3	24,0	couvert	S faible	28,2	16,0
9	55,7	20,6	beau, qq. nuages	NO très-fort	56,4	22,0	nuageux	O fort	56,3	23,2	beau, qq. nuages	NO fort	24,5	15,5
10	57,9	21,0	beau	NO fort	57,3	24,2	beau, qq. nuages	NNO fort	56,5	26,0	nuageux	NNE fort	27,7	15,5
11	56,9	22,8	beau	NO assez fort	56,3	26,1	beau	NE faible	55,2	27,4	beau	S faible	30,9	16,0
12	54,5	20,8	très-nuageux	E faible	53,8	24,0	beau, qq. nuages	SO faible	52,6	21,0	nuageux	S assez fort	25,0	15,3
13	52,4	18,0	couvert, pluie	NO faible	52,3	17,6	couvert	NE faible	52,7	19,9	beau, qq. nuages	NE faible	21,0	15,0
14	53,1	20,5	beau	NE faible	52,9	24,2	nébuleux	SE faible	51,7	22,5	presque couvert	SE faible	26,5	15,0
15	51,1	20,1	couvert	SE faible	52,1	20,1	couvert	S faible	51,6	20,0	brouillard	S faible	22,5	19,0
16	56,4	20,8	beau	O assez fort	56,8	22,8	beau	O fort	57,0	23,9	beau, qq. nuages	NNO fort	25,0	15,0
17	59,2	22,5	beau	NNO assez fort	58,9	24,8	beau	NO assez fort	57,8	26,2	beau, qq. nuages	NO assez fort	27,2	16,0
18	57,2	22,0	beau, qq. nuages	N faible	56,2	27,0	beau	N faible	54,7	27,9	beau, qq. nuages	S faible	30,5	16,8
19	55,0	23,0	beau	NNO faible	55,0	28,9	beau	SSO faible	54,5	28,7	beau	S faible	31,0	18,0
20	54,2	20,0	couvert, pluie	E faible	54,8	23,5	nimbus	E faible	54,3	24,9	couvert	E faible	28,0	18,5
21	56,2	23,0	beau	N faible	55,9	26,4	beau	OSO très-faible	54,7	27,0	beau	SO très-faible	30,0	17,0
22	56,6	26,0	beau, qq. nuages	NO faible	55,9	29,7	nuageux	O très-faible	55,0	29,0	beau, qq. nuages	S faible	32,5	18,5
23	53,8	23,1	nuageux	NE faible	54,1	24,8	presque couvert	NE assez fort	54,9	26,5	nuageux	O assez fort	28,2	19,0
24	58,4	22,9	beau	NO faible	57,4	27,0	beau	E très-faible	56,2	29,0	beau	NO assez fort	30,7	16,5
25	56,9	24,5	beau	N très-faible	56,3	29,5	beau	NO faible	54,7	30,0	beau	O faible	32,3	18,5
26	52,7	20,2	brouillard	N assez fort	52,9	27,0	nuageux	O faible	53,9	27,8	nuageux	S faible	30,5	20,0
27	55,1	23,0	beau	NO faible	54,8	27,6	beau	S faible	53,3	27,1	beau	S faible	30,5	19,0
28	57,1	22,5	beau	NO fort	57,8	25,9	beau	NNO assez fort	58,4	26,7	beau	NNO assez fort	27,5	18,3
29	60,0	22,4	beau	NNE faible	59,7	26,6	beau	NNE faible	58,4	28,8	beau	ENE faible	30,5	16,0
30	59,6	22,8	beau	NNE très-faible	59,2	29,0	beau	SSE faible	58,4	28,0	beau	SSO faible	31,0	15,0
31	59,8	22,5	nuageux	OSO faible	59,5	28,5	beau	ESE faible	58,5	29,6	beau	SSE faible	31,7	19,5
Moyenne du mois.	755,92	21,73			755,64	25,12			754,93	25,58			28,05	16,90

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 55 millimètres, 87.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — AOUT 1861.

JOURS du mois	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent	Maximum.	Minimum.
1	758,8	25,0	beau, qq. nuages	NNE assez fort	758,4	29,8	beau, qq. nuages	NNE assez fort	757,2	31,4	beau, qq. nuages	SSO assez fort	34,5	21,0
2	58,1	24,0	nuageux	NNE faible	57,9	28,7	beau, qq. nuages	SSE faible	56,9	27,3	beau	ENE très-faible	31,3	20,0
3	60,0	23,0	nuageux	NO faible	61,0	26,6	beau	NO assez fort	60,6	27,0	beau, qq. nuages	NO assez fort	27,8	21,0
4	61,1	23,2	beau	NO très-faible	60,4	28,0	beau	NNE faible	58,9	29,5	beau	NNE assez fort	30,5	16,0
5	59,8	24,9	beau	NE faible	60,2	30,4	beau	SE faible	59,4	29,0	beau	SE faible	32,0	19,0
6	59,9	25,5	beau, qq. nuages	NO très-faible	59,5	31,0	beau	E faible	58,7	30,0	beau, qq. nuages	S faible	34,0	17,9
7	58,4	27,2	beau, qq. vap.	N faible	58,1	32,5	beau	S faible	56,9	32,0	beau	S faible	34,5	20,0
8	58,4	28,0	beau	NO assez fort	58,1	33,0	beau	O assez fort	57,1	32,0	beau	O assez fort	34,7	23,5
9	59,8	27,4	beau	ONO assez fort	59,2	31,4	beau	NO assez fort	57,7	33,9	beau	N assez fort	35,0	22,5
10	57,5	27,5	beau	N assez fort	56,3	33,5	beau	N assez fort	54,7	34,0	beau	N assez fort	35,5	22,0
11	56,2	27,9	beau	NO faible	53,8	34,0	beau	NE assez fort	55,2	34,0	beau	SE faible	35,4	22,0
12	57,2	28,2	beau	NE faible	57,2	33,6	beau	S faible	56,7	32,0	beau	S faible	34,9	21,5
13	59,1	24,9	brouillard	NO faible	58,9	29,5	beau, vapeurs	S faible	58,2	29,9	beau, vapeurs	S faible	33,0	20,0
14	58,8	29,0	beau, qq. vap.	NO faible	58,2	33,9	beau	SO faible	56,9	32,0	beau, qq. vap.	S faible	35,5	20,0
15	56,7	26,5	beau, vapeurs	NNO faible	56,3	31,5	beau	S faible	55,4	28,0	beau, qq. vap.	S faible	33,5	21,0
16	55,4	24,5	nuageux	NE faible	55,4	28,3	beau	SSO faible	54,7	27,5	beau, qq. nuages	OSO faible	32,5	21,6
17	57,0	27,0	beau, qq. vap.	NO assez fort	56,4	31,8	beau	S assez fort	55,8	32,0	beau, qq. nuages	O assez fort	33,5	21,0
18	58,2	25,5	beau	NE faible	57,3	32,0	beau	S faible	56,2	30,0	beau	S faible	32,7	21,0
19	56,7	27,6	beau	ONO faible	56,0	33,0	beau	N faible	55,0	32,5	beau	NO fort	34,5	20,6
20	57,5	26,5	beau	NO assez fort	56,5	29,0	beau	NO fort	56,0	28,2	beau	NO fort	30,5	20,5
21	59,3	21,3	beau	N assez fort	58,7	25,0	beau	NO assez fort	57,5	26,7	beau	N assez fort	28,0	17,0
22	60,0	23,2	beau	NNO assez fort	60,1	27,0	beau	N assez fort	59,1	28,8	beau	N assez fort	30,0	16,5
23	61,9	23,8	beau	NO assez fort	61,2	28,0	beau	N assez fort	59,7	28,9	beau	S assez fort	31,5	18,0
24	59,4	26,6	beau	N faible	57,8	30,1	beau	NO fort	56,3	29,5	nuageux	ONO très-fort	32,0	20,5
25	59,4	19,0	beau	NNO fort	59,4	21,6	beau, cirrus	N très-fort	58,8	22,3	beau, qq. nuages	NO très-fort	24,0	17,0
26	61,5	20,5	beau	NO assez fort	60,6	25,0	beau	N assez fort	59,3	28,0	beau	N assez fort	29,0	15,0
27	61,8	21,5	beau	N faible	61,3	26,9	beau	NE assez fort	59,9	28,7	beau	NE assez fort	30,0	16,6
28	60,4	21,5	beau	NE faible	60,3	25,2	beau	E faible	59,9	23,2	beau	S très-faible	27,0	16,0
29	61,7	19,8	vapeurs	NE faible	61,9	24,2	beau	S faible	61,2	23,5	beau, qq. nuages	SE faible	26,4	17,5
30	63,2	20,9	beau	N faible	62,5	27,0	beau	SSO faible	61,5	26,3	beau, vapeurs	S faible	29,0	14,0
31	61,4	26,0	beau	N assez fort	60,2	30,5	beau	NO faible	58,4	30,2	beau, qq. vap.	SO faible	33,0	19,0
Moyenne du mois.	759,18	24,69			758,75	29,42			757,74	29,80			30,18	19,33

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 0.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — SEPTEMBRE 1861.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	758,4	24,0	beau, vapeurs	N faible	757,6	29,7	beau, vapeurs	SE faible	756,9	28,0	beau, qq. vap.	SSE faible	31,5	19,0
2	57,9	23,0	beau, qq. nuages	NE faible	57,7	26,9	beau, vapeurs	E faible	56,9	22,9	beau	ESE faible	28,5	18,5
3	58,3	20,0	couvert	NNO faible	58,1	27,0	beau	NNO faible	57,4	27,7	beau, qq. vap.	SSO faible	29,5	18,0
4	60,9	22,5	beau, qq. vap.	NO faible	60,2	29,0	beau, cirrus	S faible	58,7	31,0	beau, qq. nuages	O faible	31,5	19,0
5	60,0	25,5	beau	NNO très-faible	59,1	30,3	beau	SO très-faible	57,5	30,7	beau	S très-faible	33,0	20,0
6	57,5	26,0	beau	NO faible	57,7	29,5	beau	S faible	57,0	26,0	beau	S faible	31,5	19,0
7	58,7	23,9	beau	NO assez fort	58,4	27,8	beau	NO assez fort	58,1	27,8	beau	NO assez fort	30,0	21,0
8	60,7	20,0	beau	N assez fort	59,0	24,6	beau	NE faible	58,1	25,7	beau	SO faible	28,0	15,5
9	58,0	20 5	beau	NE faible	57,6	26,2	nuageux	SE faible	56,2	27,0	couvert, pluie	SE faible	29,0	15,0
10	54,7	20,0	cirrus	N faible	53,5	23,5	presque couvert	NE faible	52,8	19,0	couvert, pluie	NE faible	25,5	19,0
11	53,5	20,0	beau, qq. nuages	NO faible	53,7	23,0	beau, qq. nuages	NO faible	53,6	22,1	beau, qq. nuages	S faible	26,0	15,0
12	58,0	18,0	nuageux	NO faible	57,9	24,0	beau, cirrus	NO faible	57,7	24,0	beau, qq. nuages	NE faible	25,5	15,0
13	61,3	19,8	beau	ONO faible	61,2	24,5	beau	NO faible	59,7	23,0	beau	S faible	25,5	14,0
14	59,7	19,8	beau, cirrus	O faible	58,6	23,0	beau	S faible	57,0	23,0	beau	S faible	24,4	14,0
15	58,8	17,7	beau	ONO assez fort	58,6	20,8	nuageux	NO fort	57,4	21,0	nuageux	NO fort	22,4	14,5
16	57,4	17,5	beau	NO faible	57,1	21,6	beau, qq. nuages	NO fort	56,4	20,5	beau, qq. nuages	NO fort	22,5	13,8
17	58,7	17,0	beau	NO faible	58,6	20,0	beau, qq. nuages	N assez fort	57,6	19,0	beau, qq. nuages	N assez fort	21,5	12,0
18	58,6	16,5	beau	NO assez fort	58,6	21,0	beau, cirrus	N assez fort	57,4	20,8	beau	NE assez fort	23,3	11,5
19	59,5	17,8	beau	NNO très-faible	59,4	21,2	beau	SO très-faible	58,6	20,9	beau, qq. nuages	S faible	23,0	12,0
20	60,0	14,8	nuageux	N faible	59,3	21,0	beau, qq. nuages	S faible	58,3	20,8	beau, qq. nuages	S faible	23,5	10,5
21	57,5	16,5	nuageux	NE faible	57,3	19,0	couvert	S faible	56,8	19,0	nuageux	S faible	23,4	12,0
22	57,2	20,0	beau, qq. nuages	NO faible	57,5	21,0	beau, qq. nuages	ONO assez fort	57,2	21,0	beau, qq. nuages	ONO fort	22,5	14,0
23	58,6	20,2	beau, cirrus	SO faible	58,1	23,2	beau, qq. nuages	S faible	57,2	22,0	beau, qq. nuages	S faible	25,5	15,5
24	55,0	20,0	couvert	NNE faible	54,2	23,0	beau, qq. nuages	SE faible	52,7	21,0	couvert	SSE faible	26,0	17,0
25	50,1	19,7	nuageux	O faible	50,2	23,0	très-nuageux	O assez fort	50,7	19,0	couvert	O assez fort	25,0	17,5
26	52,3	16,0	beau, qq. nuages	NO faible	51,7	20,0	nuageux	NO faible	50,8	20,0	nuageux	NNO faible	22,5	12,0
27	53,7	17,0	beau	NO fort	54,1	20,5	beau, qq. nuages	NNO très-fort	54,7	19,9	beau, qq. nuages	NO fort	21,5	14,5
28	56,8	16,5	beau	NO très-faible	57,2	20,3	beau	NNE faible	56,5	21,9	beau	E très-faible	22,8	11,0
29	58,4	16,0	beau	N très-faible	58,4	23,0	beau	SSO faible	57,0	21,4	beau, qq. vap.	SSO très-faible	24,2	12,0
30	58,0	18,0	beau	N faible	57,8	23,5	beau	E faible	56,4	21,5	beau	S très-faible	24,5	11,9
Moyenne du mois.	757,61	19,47			757,28	23,70			756,44	22,92			25,78	15,12

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 32 millimètres, 87.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — OCTOBRE 1861.

JOURS du mois	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent	Maximum.	Minimum.
1	756,5	15,0	presque couvert	N faible	756,1	21,8	presque couvert	E très-faible	754,9	21,0	nuageux	S faible	24,5	13,0
2	57,2	15,9	beau, vapeurs	NO faible	56,8	23,2	beau	SE faible	56,1	22,4	cirrus	S faible	25,0	12,5
3	56,6	20,0	beau	NO très-faible	55,7	28,0	beau	NO très-faible	54,1	27,8	beau	SO faible	30,0	15,0
4	57,3	18,0	beau, qq. vap.	NE faible	57,1	24,5	beau, qq. nuages	SE faible	57,0	22,7	beau, qq. nuages	S faible	26,0	14,0
5	59,4	20,1	beau	N faible	60,1	24,0	beau	S faible	59,9	22,8	beau	S faible	26,0	15,5
6	62,4	18,2	beau	N faible	62,4	24,5	beau	SE faible	62,2	22,0	couvert	S faible	25,4	14,5
7	61,8	18,7	couvert	NE faible	61,8	21,5	couvert	E faible	61,3	21,4	couvert	S faible	23,5	17,0
8	59,5	18,5	couvert	NE faible	58,9	20,0	couvert	S faible	57,7	19,5	couvert, pluie	SE assez fort	21,5	16,5
9	60,2	17,0	couvert	NE faible	60,2	18,0	couvert, pluie	NE faible	59,9	20,0	couvert	S assez fort	20,5	16,0
10	60,5	20,0	couvert	SE faible	60,2	21,8	presque couvert	SE assez fort	59,0	20,8	couvert	SE assez fort	23,2	16,0
11	55,1	20,0	couvert	SE assez fort	53,5	21,5	presque couvert	SE fort	53,0	20,8	couvert	S assez fort	22,9	19,0
12	61,3	16,5	beau	N faible	61,5	21,0	beau, qq. cirrus	N faible	61,1	19,8	beau	SO faible	22,0	13,0
13	63,2	16,0	presque couvert	NE faible	62,9	20,2	beau, qq. nuages	NE faible	61,5	20,8	beau, qq. nuages	SSE faible	21,6	13,0
14	61,2	15,9	beau, cirrus	N très-faible	60,5	21,0	beau	S très-faible	60,0	19,1	beaü, qq. nuages	S très-faible	22,0	11,0
15	61,0	16,2	beau, qq. nuages	N très-faible	60,8	20,9	beau, qq. nuages	SE faible	60,4	20,0	beau, qq. nuages	S faible	22,4	12,5
16	62,7	15,9	beau	N faible	62,3	20,5	beau, qq. nuages	SE faible	60,6	19,0	beau, qq. vap.	S faible	21,5	13,5
17	59,9	12,5	beau, qq. vap.	N faible	59,7	19,0	beau	NE faible	58,5	18,9	beau, qq. vap.	SO faible	20,5	10,3
18	58,9	13,0	nuageux	NNE faible	58,9	18,7	nuageux	NE faible	57,8	18,9	beau, qq. nuages	SE faible	20,5	10,0
19	57,2	16,0	couvert	NE faible	56,8	16,9	couvert, pluie	NNE faible	55,9	19,2	couvert	S faible	21,0	14,5
20	55,6	18,5	presque couvert	S faible	55,9	20,0	presque couvert	SE faible	55,4	18,9	couvert	SE faible	21,0	15,0
21	56,3	16,0	couvert	ENE fort	56,0	17,8	couvert	E fort	55,7	17,3	couvert	SSE fort	18,2	14,5
22	57,5	13,9	couvert, pluie	NE faible	58,1	14,5	couvert, pluie	N faible	58,6	14,3	couvert, pluie	NNE faible	15,0	12,0
23	60,8	14,2	couvert, pluie	N faible	60,9	17,4	éclaircies	NE faible	60,9	17,9	couvert	NE faible	18,5	13,0
24	60,9	14,8	presque couvert	N faible	60,2	18,4	presque couvert	N faible	60,3	14,0	couvert, pluie	N faible	19,4	13,0
25	60,3	12,9	beau, qq. nuages	N faible	59,6	16,9	beau	NE faible	58,3	16,0	beau, qq. vap.	S faible	18,5	10,0
26	58,5	11,0	beau	N faible	58,2	16,9	beau	E faible	57,5	15,5	beau	SE faible	17,0	9,5
27	56,4	10,0	beau	N faible	55,6	15,5	beau, cirrus	NE faible	54,1	14,8	beau, qq. cirrus	NE faible	16,0	8,0
28	52,4	11,9	couvert	N assez fort	51,5	12,8	couvert, pluie	N assez fort	49,7	11,5	couvert, pluie	N assez fort	13,0	11,0
29	48,1	10,9	couvert, pluie	N faible	48,6	12,5	presque couvert	NE faible	49,1	12,0	couvert, pluie	NE faible	13,0	10,0
30	52,1	7,5	très-nuageux	NO faible	52,3	10,5	nuageux	NO faible	52,1	10,0	beau, qq. nuages	ONO faible	11,5	6,0
31	54,1	6,5	beau, qq. nuages	ONO faible	54,4	11,0	beau	O faible	53,7	10,9	beau	ONO faible	12,0	5,0
Moyenne du mois.	758,22	15,21			757,98	19,07			757,30	18,39			20,42	12,70

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 208 millimètres, 75.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — NOVEMBRE 1861.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	752,3	4,7	beau, qq. vap.	NO faible	751,5	11,0	beau	SO faible	750,8	11,0	couvert	S faible	12,5	2,5
2	49,0	9,0	cirrus	SO faible	48,9	12,0	beau, qq. nuages	O assez fort	48,4	10,9	voilé	O assez fort	12,5	6,9
3	50,0	5,8	vapeurs	NO faible	50,6	9,2	presque couvert	NO faible	51,3	9,0	nuageux	O faible	10,8	3,5
4	59,5	6,5	beau	NO fort	60,4	9,4	beau	ONO fort	61,4	9,0	beau, qq. nuages	ONO fort	10,9	4,0
5	63,9	4,5	beau	N faible	63,7	10,0	beau, cirrus	NE faible	62,3	10,0	nuageux	NE faible	12,0	2,0
6	59,7	10,0	couvert	N très-faible	58,8	15,8	très-nuageux	S faible	57,4	14,9	couvert	SE très-faible	17,5	8,5
7	54,3	12,5	nuageux	NE faible	54,1	16,2	beau, qq. nuages	NE faible	53,4	15,7	beau, qq. vap.	SE faible	18,0	11,8
8	50,4	11,9	presque couvert	NE faible	49,0	16,0	nuageux	NE faible	47,1	16,0	beau, qq. nuages	NE très-faible	17,4	10,0
9	43,8	14,9	couvert	NO assez fort	47,2	12,5	couvert	NO assez fort	50,1	12,2	beau, qq. nuages	NO faible	14,9	13,0
10	56,2	7,0	couvert	NE faible	55,1	10,8	couvert, pluie	NE faible	53,2	10,8	couvert	NE faible	10,8	5,5
11	59,3	8,0	cirrus	N faible	59,5	13,5	cirrus	NO faible	59,1	12,5	beau, qq. cirrus	S faible	15,5	6,0
12	58,2	9,2	couvert, pluie	NNE assez fort	58,0	12,0	couvert	N assez fort	57,4	12,8	couvert	NE assez fort	13,1	7,0
13	57,3	12,6	couvert	NNE faible	55,9	13,5	couvert	NE faible	53,5	14,0	couvert	NE faible	14,5	12,0
14	50,9	13,0	beau, qq. nuages	OSO faible	51,1	14,8	beau	O fort	50,9	12,3	beau	O fort	15,1	12,0
15	53,7	9,5	beau, qq. nuages	O assez fort	53,7	10,7	beau, qq. nuages	ONO fort	53,6	11,5	très-nuageux	ONO assez fort	11,5	7,0
16	50,9	5,5	beau, qq. nuages	N assez fort	50,5	10,0	beau, qq. nuages	ONO assez fort	50,5	9,5	nuageux	SO faible	11,5	3,5
17	53,0	6,0	nuageux	N faible	53,4	11,0	vapeurs	NE faible	53,3	10,0	couvert	N assez fort	11,8	4,0
18	56,1	5,5	couvert	N assez fort	56,9	8,5	presque couvert	NE assez fort	57,9	8,1	presque couvert	NNO assez fort	9,3	5,0
19	65,5	4,8	beau, qq. cirrus	N fort	65,9	9,0	beau	NNE fort	66,5	9,1	beau	NNE fort	10,5	3,5
20	68,6	2,0	nuageux	N faible	68,1	9,1	beau, qq. nuages	NE faible	67,0	10,2	couvert	N faible	11,5	1,5
21	65,0	8,5	brouillard	N faible	63,6	11,2	brouillard	NE faible	62,8	11,4	brouillard	NNE faible	12,0	8,0
22	61,2	10,9	brouillard	NNE faible	60,0	12,0	brouillard	NE faible	58,2	12,2	brouillard	NNE faible	13,3	8,0
23	54,8	10,8	très-nuageux	N très-faible	53,2	14,8	très-nuageux	N très-faible	51,4	13,0	couvert	SO très-faible	16,0	8,5
24	54,1	9,4	beau	O faible	55,1	12,0	nuageux	O fort	57,5	9,5	très-nuageux	O fort	13,5	7,5
25	62,1	2,0	beau	NO faible	62,5	8,9	beau	NO faible	61,9	9,8	beau, qq. vap.	N faible	10,0	1,0
26	63,0	2,2	beau	NO faible	62,1	9,9	beau	NO faible	60,7	9,0	beau, vapeurs	S faible	11,5	1,0
27	60,1	4,1	beau, qq. cirrus	E très-faible	60,0	10,8	beau, qq. cirrus	E très-faible	59,0	10,9	beau, qq. cirrus	E très-faible	12,5	2,5
28	59,3	11,5	beau, cirrus	O faible	59,2	15,8	nuageux	O assez fort	59,6	13,0	nuageux	SO faible	16,0	6,0
29	61,2	10,9	nuageux	NO faible	61,0	15,3	beau, qq. cirrus	NO faible	60,3	14,2	beau, qq. cirrus	NO faible	16,5	9,5
30	63,2	8,0	beau	NO très-faible	62,4	14,5	beau	N très-faible	61,9	13,5	beau	S très-faible	16,0	5,5
Moyenne du mois.	757,22	8,04			757,05	12,01			756,60	11,53			13,30	6,22

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 18 millimètres, 50.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — DÉCEMBRE 1861.

JOURS du mois	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	762,1	9,8	beau	NO faible	761,4	15,6	beau, cirrus	NO très-faible	760,4	14,9	beau, qq. nuages	ONO faible	16,3	7,0
2	62,2	5,6	beau	N faible	62,0	12,1	beau	NE faible	61,8	11,9	beau	NNE assez fort	13,5	4,5
3	63,0	5,5	beau	N faible	62,7	11,0	beau	NE faible	61,2	12,0	très-nuageux	NE faible	14,0	5,0
4	59,7	4,0	beau, qq. cirrus	NO très-faible	59,8	8,7	beau, qq. vap.	E faible	59,7	9,9	beau	NE très-faible	10,8	2,5
5	58,7	2,3	nuageux	NO faible	56,4	7,9	couvert	NE très-faible	54,3	7,0	couvert, pluie	SO faible	8,5	1,0
6	55,4	4,5	beau	NO assez fort	54,8	9,5	voilé	NO assez fort	53,6	8,2	couvert	NNO faible	10,5	3,5
7	53,6	4,5	brouillard	NE faible	53,7	8,0	cirrus	NNE faible	53,3	11,1	cirrus	ONO faible	12,3	4,0
8	56,2	9,0	beau	N très-faible	56,5	15,0	beau	NNE faible	56,0	13,8	beau	SO faible	16,0	8,5
9	61,2	10,0	couvert	NE très-faible	61,6	11,3	couvert	NNE faible	60,8	12,1	couvert	NE très-faible	12,5	7,5
10	61,5	10,0	couvert	NE faible	61,4	12,8	couvert	NE très-faible	61,0	13,0	presque couvert	E très-faible	14,0	9,5
11	62,9	10,9	couvert	NE faible	63,5	13,2	presque couvert	NE faible	63,8	12,7	presque couvert	NNE faible	14,0	9,5
12	64,8	9,0	couvert	NE faible	63,9	11,7	couvert	NE faible	62,8	11,0	couvert	NE faible	13,3	7,0
13	57,2	13,0	nuageux	S faible	56,5	15,0	très-nuageux	SSE assez fort	56,0	14,3	couvert	SE assez fort	16,0	10,5
14	59,5	12,0	couvert	E faible	61,1	14,0	presque couvert	E assez fort	62,1	13,5	presque couvert	E faible	15,0	11,0
15	66,3	10,6	couvert	NNE faible	65,8	14,0	beau, qq. nuages	NE faible	64,5	12,6	beau	S très-faible	14,9	9,0
16	60,6	6,8	beau, qq. nuages	N faible	59,8	12,0	nuageux	NO faible	59,2	12,0	beau	N assez fort	13,5	6,0
17	60,2	4,9	beau, qq. cirrus	N faible	59,7	10,5	beau, qq. nuages	E faible	58,6	10,1	beau	ONO faible	11,5	3,8
18	55,7	4,0	beau	NE faible	53,7	10,5	beau, qq. cirrus	O assez fort	52,7	7,9	beau	O assez fort	11,0	3,0
19	50,6	5,9	beau, qq. nuages	NO assez fort	49,3	10,0	beau	N assez fort	49,4	8,9	beau	N assez fort	10,5	4,5
20	54,6	4,0	beau	N fort	55,6	7,0	beau	NE très-fort	55,5	6,0	beau	NE très-fort	8,0	3,0
21	57,1	2,5	couvert, pluie	NNE fort	57,3	2,5	couvert, pluie	NNO fort	56,9	3,2	couvert	NNE fort	4,0	2,5
22	57,5	4,0	couvert, pluie	NE faible	57,2	8,2	cirrus	NE assez fort	56,3	8,0	couv., qq. goutt.	NNE faible	9,0	3,0
23	56,4	2,5	beau, qq. vap.	NNE faible	56,3	6,3	beau	NE faible	56,2	5,9	nuageux	NE faible	7,8	1,0
24	57,4	0,0	beau	N faible	58,1	5,1	beau	NE faible	59,0	5,5	beau	NNE faible	6,0	— 1,0
25	61,2	4,5	couvert	NE faible	61,0	6,9	presque couvert	NE faible	60,8	6,9	très-nuageux	NE faible	8,0	2,5
26	60,4	1,0	beau	NO très-faible	60,4	6,0	cirrus	N très-faible	61,0	4,8	très-nuageux	NO très-faible	7,4	0,0
27	62,0	— 1,0	beau	N faible	62,9	4,3	beau	N fort	62,5	4,8	beau	NE fort	5,8	— 1,0
28	64,6	0,5	beau, qq. nuages	NE faible	65,1	6,1	beau, vapeurs	NE assez fort	65,0	6,5	beau, qq. nuages	NNE faible	8,5	— 1,0
29	64,5	5,0	presque couvert	NNE faible	63,7	8,0	beau	NE faible	62,0	8,9	beau	NE faible	10,0	3,5
30	61,2	0,0	beau	NNO faible	61,8	7,5	beau	NE faible	61,1	7,6	beau	NE faible	8,5	— 0,8
31	63,8	3,1	beau, qq. nuages	NE faible	63,8	7,7	couvert	NE assez fort	62,9	8,0	couvert	NE faible	8,5	1,5
Moyenne du mois.	759,75	5,48			759,57	9,63			759,05	9,45			10,95	4,21

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 21 millimètres, 50.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER EN 1861.

1861.	HUIT HEURES DU MATIN.		MIDI.		QUATRE HEURES DU SOIR.		TEMPÉRATURE			NOMBRE DES JOURS où le ciel a été généralement			JOURS de pluie.	PLUIE en millimètres.
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	Maxima.	Minima.	Moyenne.	Beau.	Nuageux.	Couvert.		
Janvier.....	758,88	3,16	758,96	6,88	758,40	7,07	8,41	1,66	5,04	13	9	9	6	47,00
Février.....	757,25	6,94	757,22	9,89	756,37	10,59	11,78	5,56	8,67	6	9	13	13	205,25
Mars.....	757,04	9,78	756,96	13,06	755,93	13,19	14,80	7,03	10,92	10	14	7	8	68,75
Avril.....	756,73	13,36	756,46	17,55	755,72	17,16	19,91	8,34	14,13	20	9	1	3	0,80
Mai.....	756,38	17,23	756,18	19,97	755,32	20,27	22,59	12,04	17,31	15	9	7	6	172,00
Juin.....	757,06	21,32	756,88	24,19	756,22	23,77	26,42	15,95	21,18	19	8	3	3	15,50
Juillet.....	755.92	21,73	755,64	25,12	754,93	25,58	28,05	16,90	22,47	17	9	5	6	55,87
Août.....	759,18	24,69	758,75	29,42	757,74	29,30	30,18	19,33	24,76	29	2	0	0	0,00
Septembre.....	757,61	19,47	757,28	23,70	756,44	22,92	25,78	15,12	20,45	21	6	3	5	32,87
Octobre.....	758,22	15,21	757,98	19,07	757,30	18,39	20,42	12,70	16,56	13	5	13	8	208,75
Novembre.....	757,22	8,04	757,05	12,01	756,60	11,53	13,30	6,22	9,76	10	12	8	5	13,50
Décembre.....	759,75	5,43	759,57	9,63	759,05	9,45	10,95	4,21	7,58	16	5	10	5	21,50
Moyenne de l'année.	757,60	13,86	757,41	17,54	756,67	17,48	19,38	10,42	14,90					
TOTAL.										189	97	79	68	841,79

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER

PENDANT L'ANNÉE 1862.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — JANVIER 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	762,0	5,5	couvert	NE faible	761,9	8,0	couvert	NE faible	760,2	8,0	couvert	NNE faible	9,9	3,9
2	59,7	4,2	cirrus	NNO faible	59,7	8,4	beau	NNO faible	59,2	8,6	nuageux	N faible	9,8	3,8
3	57,3	0,6	beau, qq. nuages	NNE assez fort	56,2	5,0	beau, qq. nuages	N assez fort	54,8	4,9	couvert	NNE faible	6,0	0,0
4	51,0	—0,9	beau	N faible	52,0	5,0	beau	N faible	51,4	4,8	beau	NO fort	7,5	—1,0
5	54,3	3,2	beau, qq. nuages	NO assez fort	54,0	5,9	beau	NO fort	54,1	6,5	beau	NO fort	7,5	1,0
6	55,6	6,7	beau, qq. nuages	ONO très-fort	56,5	9,8	beau, qq. nuages	NO très-fort	57,9	8,3	beau, qq. nuages	NNO très-fort	10,0	4,0
7	62,1	1,3	beau	ONO faible	62,0	6,0	beau	N faible	61,7	6,5	beau	NNE faible	7,5	0,0
8	61,7	—1,2	beau	NO très-faible	61,6	5,4	beau, qq. nuages	N faible	60,8	5,9	beau, qq. nuages	N très-faible	7,3	—2,0
9	61,8	5,1	nuageux	NO faible	61,9	10,9	nuageux	NO faible	61,6	10,9	beau, qq. nuages	NO faible	12,0	2,5
10	61,8	9,9	nuageux	SO faible	61,5	14,9	nuageux	O fort	61,4	14,8	couvert	O fort	17,1	6,5
11	60,6	10,9	beau, qq. nuages	NO faible	60,3	15,8	beau	N assez fort	59,0	15,7	beau	NO assez fort	17,3	9,9
12	59,9	7,0	beau	NO faible	57,3	11,9	beau	N faible	55,2	10,9	nuageux	NO assez fort	12,3	5,9
13	51,4	6,8	beau, qq. nuages	OSO assez fort	50,6	7,8	beau, qq. nuages	NO assez fort	51,4	8,6	beau, qq. nuages	O assez fort	9,5	5,0
14	50,7	6,0	couvert	NO faible	49,4	8,9	presque couvert	NO fort	48,4	8,7	nuageux	NO fort	11,0	5,0
15	48,9	5,0	nuageux	NO assez fort	49,4	9,5	beau	NO assez fort	49,8	9,0	beau, qq. nuages	NO assez fort	10,5	4,5
16	52,3	3,0	beau	NNO assez fort	52,3	6,2	nuageux	N faible	52,2	5,2	nuageux	N faible	7,3	1,3
17	53,4	—1,2	beau	NNO faible	52,8	3,8	beau	NO faible	51,8	4,8	beau	NNE faible	5,1	—3,3
18	52,1	—3,0	beau	N assez fort	51,2	1,0	beau	NE assez fort	51,1	0,1	beau	NE assez fort	3,3	—4,0
19	51,8	—5,8	beau	N faible	51,2	0,2	beau	NE faible	51,0	1,5	beau	E très-faible	3,0	—7,0
20	51,6	—5,1	beau, qq. nuages	N faible	51,0	1,0	presque couvert	NE faible	49,1	3,2	couvert	NE assez fort	3,5	—6,9
21	52,1	1,5	beau, qq. nuages	NNO très-faible	53,0	6,0	beau	NNE très-faible	52,9	7,0	beau, qq. nuages	E très-faible	8,0	0,8
22	50,7	9,0	couvert	E assez fort	52,0	10,8	couvert	NO faible	53,7	9,0	couvert	N très-faible	11,4	5,5
23	57,6	2,0	vapeurs	NO très-faible	56,4	7,6	voilé	NE très-faible	55,2	7,8	couvert	NE très-faible	8,0	1,0
24	58,4	8,0	couvert	NE assez fort	58,4	8,9	pluie	NE assez fort	58,3	9,2	pluie	NE faible	9,7	7,3
25	58,8	11,0	couvert	E faible	60,5	12,0	pluie	N assez fort	60,2	11,9	nuageux	NE faible	12,0	9,0
26	62,7	9,2	couvert	NO faible	62,8	11,8	nuageux	NE faible	62,8	11,0	beau	N faible	12,5	8,3
27	62,9	2,8	beau, qq. nuages	NO faible	62,8	9,0	beau	N assez fort	62,7	8,9	beau, qq. nuages	NE faible	10,0	1,0
28	64,4	3,7	nuageux	NO faible	64,4	9,0	nuageux	NE faible	63,9	9,5	couvert	NE faible	11,0	2,0
29	64,6	6,2	nuageux	NE faible	64,7	12,0	nuageux	ONO faible	64,0	12,9	beau, qq. nuages	NO faible	14,0	4,5
30	64,1	10,5	nuageux	NO faible	64,1	12,0	très-nuageux	O faible	62,7	12,9	nuageux	O assez fort	13,7	8,5
31	61,0	13,0	beau, qq. nuages	O très-fort	62,0	15,9	nuageux	NO très-fort	61,2	15,2	nuageux	NO très-fort	16,8	11,0
Moyenne du mois.	757,33	4,35			757,22	8,40			756,76	8,46			9,82	2,84

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 17 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — FÉVRIER 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	762,7	10,9	nuageux	SE faible	762,1	14,8	beau	NO faible	761,2	14,1	beau	O faible	16,0	9,9
2	62,0	5,9	beau	N faible	61,2	13,5	beau	N faible	60,7	15,4	beau	N faible	15,5	4,8
3	64,5	4,6	beau	ONO faible	63,8	12,5	beau	NO faible	63,8	13,4	beau	NO assez fort	15,0	2,3
4	68,6	4,0	beau	NO très-faible	67,5	10,8	beau	NO très-faible	65,5	12,5	beau	NO très-faible	13,0	2,5
5	63,2	5,8	beau	NO très-faible	62,9	12,0	beau	O très-faible	60,5	13,5	beau, vap.	N très-faible	15,6	3,5
6	59,4	8,0	beau, qq. nuages	ONO faible	57,9	16,1	beau, qq. vap.	ONO faible	56,4	14,8	beau, qq. nuages	SO faible	17,0	5,5
7	55,3	9,5	beau, qq. nuages	NE assez fort	53,4	11,7	nuageux	NO assez fort	51,5	12,0	beau, qq. nuages	ONO assez fort	13,3	6,9
8	54,2	— 0,5	beau	NO fort	54,9	1,0	beau	NO fort	55,0	0,0	beau	N très-fort	1,5	— 0,5
9	56,7	— 4,5	beau	N fort	56,0	— 2,0	nuageux	N très-fort	55,6	0,0	nuageux	N très-fort	0,5	— 5,5
10	58,1	— 5,8	beau	N faible	58,5	— 0,8	beau	N faible	58,3	0,2	beau	N faible	1,4	— 7,0
11	60,0	— 5,9	beau	NO faible	59,5	0,0	beau	SO faible	58,5	1,5	beau	NE faible	2,0	— 7,0
12	57,7	— 4,8	beau	NNO faible	55,9	3,9	beau	N très-faible	55,0	6,0	beau	N très-faible	6,5	— 6,5
13	55,8	0,5	beau, vapeurs	NO très-faible	55,6	7,0	beau	NNO faible	55,1	7,3	beau, qq. vap.	S faible	9,3	— 2,0
14	55,5	1,5	couvert	N faible	55,5	7,0	beau	NE faible	54,9	8,9	nuageux	E faible	10,5	0,0
15	58,6	4,9	nuageux	NE faible	58,9	8,5	très-nuageux	NE faible	58,8	9,9	nuageux	SE faible	11,8	3,0
16	58,4	5,0	couvert	NE assez fort	57,9	9,5	couvert	SE faible	56,7	10,0	couvert	SE faible	10,5	4,5
17	53,3	9,5	pluie	E assez fort	51,6	10,5	pluie	E assez fort	50,5	10,8	couvert	E assez fort	11,0	7,0
18	48,5	11,5	pluie	E faible	48,4	14,0	nuageux	SE faible	48,9	13,0	couvert	E faible	15,5	9,5
19	53,3	10,0	couvert	NE assez fort	54,0	13,0	couvert	E assez fort	54,0	12,5	couvert	E assez fort	14,0	9,5
20	56,6	12,0	couvert	E assez fort	57,6	13,0	couvert	E faible	57,6	12,9	couvert	E faible	13,8	11,0
21	59,4	7,3	beau	NO faible	58,3	13,4	nuageux	NE faible	56,1	13,0	nuageux	SE faible	15,0	5,5
22	55,4	11,5	pluie	SE faible	57,4	9,0	pluie	N fort	58,3	10,0	très-nuageux	NE faible	11,5	10,9
23	60,8	7,0	nuageux	NO faible	60,0	14,0	nuageux	N faible	58,8	14,0	nuageux	NE faible	15,3	5,0
24	55,8	8,0	beau	NO faible	54,7	12,9	beau	NE faible	52,5	12,0	beau, vapeurs	E faible	14,5	5,0
25	49,8	10,0	couvert	NE assez fort	53,7	9,0	pluie	NO assez fort	54,8	11,5	nuageux	NO faible	11,5	9,0
26	56,3	10,5	nuageux	O faible	56,2	12,9	beau	NO assez fort	55,2	12,9	beau, qq. nuages	NO assez fort	13,3	8,9
27	55,2	7,0	pluie	NE assez fort	55,4	11,1	couvert	SE faible	54,4	11,8	couvert	SE faible	13,0	6,0
28	53,9	7,9	pluie	NNE assez fort	54,2	8,9	pluie	NE fort	52,8	8,9	pluie	NE faible	9,0	7,0
Moyenne du mois.	757,46	5,40			757,25	9,54			756,48	10,10			11,31	3,88

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 85,50 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — MARS 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	750,8	6,7	pluie	NNO faible	751,1	9,9	couvert	N faible	750,6	10,7	couvert	NO faible	11,0	4,3
2	48,3	8,4	brouillard	NNE faible	47,1	11,0	couvert	SO faible	45,0	11,0	couvert	S faible	11,5	7,0
3	40,1	8,2	pluie	NNE assez fort	40,0	8,5	pluie	NNE assez fort	39,5	10,3	très-nuageux	NE faible	10,5	7,0
4	45,2	8,0	beau, qq. nuages	NO fort	48,3	10,6	nuageux	O très-fort	49,7	8,2	beau, qq. nuages	O fort	11,0	7,5
5	59,5	4,5	beau	NO assez fort	60,9	8,0	beau, cirrus	NO fort	60,5	8,8	beau	NE faible	10,0	2,9
6	62,1	4,5	cirrus	N faible	61,2	9,8	beau, qq. nuages	NE faible	59,0	10,5	beau	ESE faible	12,0	1,8
7	56,8	9,9	couvert	NE assez fort	57,3	12,1	nuageux	NNE assez fort	56,6	13,9	nuageux	NE faible	15,0	9,0
8	56,6	10,0	couvert	NE faible	56,6	11,0	pluie	ENE faible	55,6	12,8	couvert	SSE faible	14,5	9,0
9	58,1	10,2	nuageux	NE faible	57,2	14,3	beau, qq. nuages	SE faible	55,7	13,8	beau, qq. nuages	SSE faible	16,0	7,2
10	57,7	10,9	nuageux	N faible	58,2	15,0	beau, qq. cirrus	ONO fort	58,2	15,0	beau, qq. cirrus	O fort	16,5	9,5
11	59,9	11,0	beau	ONO faible	59,5	16,8	beau, qq. nuages	ONO faible	57,7	16,0	beau, qq. nuages	S faible	19,3	8,5
12	54,8	11,0	pluie	NE faible	54,5	10,9	pluie	NE faible	54,4	12,2	couvert	NE faible	13,5	10,0
13	54,1	9,5	couvert	NE faible	54,9	12,9	couvert	E faible	54,4	11,5	couvert	NNO faible	15,4	7,0
14	56,1	9,5	couvert	N faible	56,2	11,9	couvert	NE assez fort	55,7	12,5	couvert	NE faible	13,5	8,0
15	56,2	10,0	couvert	NE faible	56,7	11,7	pluie	NE faible	56,2	13,0	couvert	S faible	14,5	8,5
16	57,6	12,2	couvert	SE faible	58,1	15,0	nuageux	S faible	57,7	14,3	nuageux	S faible	17,0	9,9
17	57,9	10,1	nuageux	NE faible	57,8	14,0	très-nuageux	SE faible	57,1	14,0	très-nuageux	SE faible	17,0	9,0
18	56,1	10,0	brouillard	NE faible	55,6	14,1	presque couvert	SE faible	53,7	13,5	presque couvert	S faible	16,5	9,5
19	49,8	13,0	couvert	SE assez fort	49,1	15,8	nuageux	S faible	47,7	15,2	nuageux	E faible	17,5	11,5
20	44,2	12,8	couvert	SE faible	42,6	14,5	couvert	SE fort	41,2	15,0	nuageux	SE faible	17,0	11,5
21	39,9	13,0	nuageux	NNE assez fort	42,4	14,5	voilé	N faible	44,7	13,0	nuageux	NO assez fort	16,5	11,5
22	54,4	8,9	beau, qq. nuages	NO fort	55,0	12,9	beau, qq. nuages	NO fort	55,4	12,5	beau, qq. nuages	NO très-fort	14,0	7,0
23	56,8	7,1	beau	N faible	56,0	13,2	beau	NE faible	55,4	14,0	beau, vapeurs	S faible	17,0	2,5
24	56,5	11,3	nuageux	NE faible	56,5	14,5	nuageux	SE assez fort	55,2	14,0	couvert	SE assez fort	17,0	7,5
25	53,9	12,5	vapeurs	NE faible	53,8	15,9	nuageux	E assez fort	52,2	15,0	couvert	SE faible	17,5	9,5
26	49,6	12,9	couvert	NE faible	47,6	16,3	très-nuageux	ENE faible	46,3	16,0	nuageux	SE fort	19,5	10,5
27	43,9	12,9	couvert	NNO faible	43,5	14,3	couvert	ESE faible	42,9	14,5	couvert	SSO faible	16,1	11,8
28	42,0	10,1	pluie	N faible	42,0	13,0	couvert	SSO faible	41,1	14,9	couvert	E faible	16,0	10,0
29	36,0	12,2	couvert	NE faible	37,2	10,0	pluie	NNO assez fort	39,7	11,2	pluie	OSO faible	13,0	11,0
30	48,4	12,0	beau	OSO faible	48,3	15,6	beau, cirrus	SSE faible	47,1	14,0	beau, qq. nuages	SE faible	17,5	8,0
31	44,8	13,0	couvert	NO faible	47,6	12,2	couvert	NO fort	49,2	12,6	couvert	ONO fort	13,4	11,0
Moyenne du mois.	751,87	10,20			752,03	12,91			751,46	13,03			15,05	8,35

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 106,18 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — AVRIL 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum	Minimum.
1	755,8	13,0	beau	NO fort	755,9	15,3	beau, qq. nuages	N très-fort	755,3	17,0	beau	NNO très-fort	17,5	10,0
2	57,3	10,5	beau	N faible	56,6	16,5	beau	N faible	56,1	17,0	beau	S faible	19,5	8,0
3	52,6	13,5	nuageux	N très-faible	51,2	17,5	vapeurs	NE très-faible	49,8	17,9	vapeurs	S très-faible	21,0	7,0
4	54,6	14,2	nuageux	O faible	55,6	17,5	nuageux	N faible	55,4	18,0	nuageux	N assez fort	21,0	11,0
5	58,7	15,9	beau, qq. vap.	NO faible	58,7	19,8	beau, qq. vap.	N assez fort	57,8	21,0	beau, qq. vap.	NE faible	22,0	9,8
6	60,4	14,7	beau	N faible	60,8	19,9	beau	ENE faible	60,1	18,9	beau	S faible	21,0	10,5
7	60,8	14,0	beau, qq. vap.	NNO faible	60,0	21,8	nuageux	SE faible	58,7	22,6	nuageux	SO faible	25,0	9,0
8	59,1	16,1	beau	NO faible	58,3	21,0	beau	NE faible	57,2	20,0	nuageux	NNO assez fort	23,5	12,5
9	56,2	17,6	beau	NNO très-faible	55,3	20,9	beau	NE faible	53,7	21,0	beau	S faible	23,0	10,5
10	55,0	16,5	beau	NNO faible	54,6	22,0	beau	SSE faible	53,3	21,2	beau	6SO faible	23,4	10,5
11	54,6	16,5	beau	N faible	54,0	22,0	beau	SO faible	53,2	21,9	nuageux	S faible	25,0	10,5
12	54,4	15,0	nuageux	NE faible	54,0	20,5	très-nuageux	S faible	52,7	19,8	nuageux	SE faible	23,0	11,9
13	52,5	12,8	couvert	NE faible	52,5	13,5	couvert	NE faible	52,4	11,0	couvert	NE faible	15,4	12,0
14	57,1	6,0	beau	N très-fort	56,5	8,7	beau	N très-fort	55,7	9,0	beau	N très-fort	10,0	3,0
15	53,5	7,0	beau, qq. nuages	NO assez fort	52,6	9,5	beau	NNE faible	52,1	12,0	beau	NNE faible	13,0	2,5
16	56,5	8,5	beau	N assez fort	57,0	13,1	beau	NNE fort	56,2	15,8	beau	NE assez fort	16,4	4,0
17	60,2	11,9	beau	NO faible	59,2	16,5	beau	NO faible	57,5	17,0	beau	S faible	20,5	4,5
18	57,1	15,5	beau	NO faible	56,7	19,8	beau	S faible	55,7	19,1	beau	S faible	22,3	7,0
19	59,2	13,5	beau	N faible	59,5	18,9	beau	S faible	58,9	18,8	beau	S faible	20,7	8,9
20	62,2	16,0	beau	SO faible	62,2	19,7	beau	S faible	62,0	17,6	beau	S faible	21,5	8,5
21	62,4	14,9	beau, vapeurs	NE faible	61,7	19,9	beau, vapeurs	S faible	60,6	18,0	vapeurs	S faible	22,5	10,3
22	59,9	14,5	presque couvert	NNE assez fort	58,9	19,3	beau	ENE faible	58,0	17,0	beau	E faible	21,5	12,2
23	59,7	16,8	nuageux	SO faible	59,3	22,4	nuageux	S faible	58,7	23,5	beau, qq. nuages	NO faible	25,5	12,5
24	61,1	18,9	beau	NNE faible	60,8	23,5	beau	S faible	60,7	20,0	beau	S assez fort	25,5	11,4
25	62,9	15,5	couvert	S faible	62,9	18,5	beau	SE faible	61,9	17,4	beau	SSE faible	19,7	13,8
26	62,3	14,9	couvert	NE faible	62,2	19,0	beau	S faible	61,4	17,7	beau	E faible	20,7	12,5
27	61,6	14,9	couvert	NE faible	61,4	19,0	beau, qq. nuages	E faible	60,8	17,5	nuageux	SE faible	21,5	12,0
28	60,4	15,7	couvert	E très-faible	59,8	18,7	beau, qq. nuages	SSE faible	58,9	19,1	beau, qq. nuages	S très-faible	21,5	12,0
29	57,9	18,8	beau, vapeurs	NE assez fort	57,4	23,8	beau	SE faible	56,8	22,0	nuageux	O faible	26,0	11,0
30	59,2	17,9	nuageux	NE faible	59,0	21,9	nuageux	SE faible	58,9	21,0	nuageux	SO faible	25,5	13,0
Moyenne du mois.	758,17	14,45			757,82	18,68			757,02	18,38			21,15	9,74

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 8,50 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — MAI 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	761,1	19,6	beau, qq. vap.	SE assez fort	761,9	21,0	beau, qq. vap.	SE faible	761,9	19,7	presque couvert	SSO faible	23,0	15,0
2	64,1	19,2	beau, qq. nuages	NE assez fort	63,6	22,0	beau, qq. nuages	SE faible	62,4	21,3	beau	SE faible	23,5	12,5
3	60,8	17,1	beau, qq. nuages	NE assez fort	60,7	21,0	beau, qq. nuages	S assez fort	58,9	20,5	nuageux	SE faible	23,8	11,0
4	56,6	17,0	très-nuageux	NE faible	57,4	18,5	très-nuageux	SE faible	57,4	18,7	très-nuageux	SE assez fort	21,5	13,8
5	58,8	18,3	beau, qq. nuages	N faible	58,7	21,9	beau	SO faible	57,9	21,0	beau, qq. nuages	SO faible	24,0	10,5
6	60,1	18,7	beau	N faible	59,9	22,8	beau	S fort	59,5	21,0	nuageux	S fort	24,5	10,5
7	60,0	17,0	couvert	NE faible	60,0	18,9	nuageux	NE faible	59,9	20,7	nuageux	SE assez fort	23,3	11,0
8	60,9	16,0	très-nuageux	NE faible	60,2	20,5	très-nuageux	S assez fort	59,3	19,5	presque couvert	S faible	22,5	14,5
9	56,9	19,1	nuageux	E faible	57,1	18,5	couvert	S faible	56,3	18,5	couvert	S faible	21,8	14,5
10	55,0	18,0	nuageux	N faible	54,0	20,8	nuageux	NE faible	52,4	21,7	vapeurs	S faible	24,0	13,4
11	53,0	16,8	couvert	NO faible	52,7	21,1	nuageux	NO faible	51,2	20,7	nuageux	SE faible	24,5	13,5
12	50,1	16,4	beau, qq. nuages	NO assez fort	48,2	22,0	nuageux	SO faible	47,6	19,8	nuageux	SO assez fort	24,7	13,0
13	47,3	14,9	pluie	E faible	47,0	15,0	pluie	E faible	46,7	17,0	nuageux	SE assez fort	18,5	12,5
14	49,4	15,1	nuageux	ENE faible	49,5	18,3	nuageux	SSE faible	50,2	17,7	nuageux	SSO faible	20,5	10,0
15	53,1	15,9	nuageux	NE faible	53,8	18,0	très-nuageux	NE faible	53,8	17,7	nuageux	SE faible	21,5	10,5
16	56,7	16,6	très-nuageux	NO assez fort	57,3	21,4	beau, qq. nuages	O assez fort	57,0	21,0	beau, qq. nuages	O assez fort	23,3	11,0
17	60,0	19,0	beau, qq. nuages	N faible	59,4	22,9	très-nuageux	SO faible	58,4	20,9	très-nuageux	SO faible	24,5	11,0
18	59,3	19,0	vapeurs	N faible	58,6	22,4	très-nuageux	O faible	57,3	22,0	presque couvert	S faible	27,0	13,0
19	57,5	20,3	beau, qq. nuages	NNO faible	56,8	23,0	presque couvert	SE faible	55,6	24,0	couvert	SE faible	27,4	13,0
20	55,1	22,8	beau	E faible	54,5	24,8	beau	S assez fort	53,9	23,7	vapeurs	SO faible	26,5	13,0
21	53,7	20,0	nuageux	NE faible	53,3	26,0	beau	S faible	52,7	24,8	beau, qq. nuages	S assez fort	27,5	16,4
22	55,3	21,8	beau, qq. vap.	N faible	55,0	24,9	beau, qq. vap.	S faible	54,2	24,5	beau, qq. vap.	S faible	27,1	16,8
23	56,6	20,4	beau, qq. vap.	NNE assez fort	56,2	20,0	beau	S faible	55,8	25,0	beau, qq. vap.	S assez fort	27,9	14,0
24	57,0	22,0	beau, qq. vap.	N faible	56,8	26,2	beau	S faible	56,4	25,5	nuageux	S assez fort	27,8	13,8
25	58,4	23,0	beau, qq. cirrus	N faible	57,8	26,8	beau	S faible	57,1	24,5	nimbus	O faible	25,6	15,8
26	55,8	20,9	couvert	NO faible	55,1	25,4	nuageux	NO assez fort	54,1	25,8	nuageux	N assez fort	27,9	17,8
27	57,5	20,6	beau	NNO fort	57,1	23,3	beau	NNO fort	56,1	24,9	beau	NNO assez fort	27 0	15,8
28	57,4	20,9	beau, qq. nuages	NNO faible	56,6	25,9	beau, qq. nuages	NE faible	55,5	27,7	beau	SSE faible	28,7	15,5
29	55,0	21,8	nuageux	SE assez fort	55,0	24,0	très-nuageux	SE assez fort	54,0	21,0	couvert	SE assez fort	26,4	16,0
30	50,2	19,9	couvert	SE fort	51,2	22,0	nuageux	S fort	53,2	20,0	couvert	S fort	24,5	17,8
31	54,9	18,2	couvert	NE assez fort	55,2	22,5	nuageux	SE assez fort	54,8	20,5	couvert	SE faible	25,5	16,0
Moyenne du mois.	756,37	18,91			756,15	21,99			755,53	21,65			24,70	13,64

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 57 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — JUIN 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	753,4	14,0	pluie	N assez fort	755,2	20,8	très-nuageux	SO assez fort	754,9	21,9	très-nuageux	S assez fort	24,0	13,0
2	56,3	17,0	pluie	NE faible	57,2	19,5	pluie	N assez fort	57,2	17,0	couvert	N assez fort	20,5	16,0
3	59,2	21,0	beau, qq. vap.	NO assez fort	58,9	25,3	beau	N assez fort	58,0	26,0	nimbus	N assez fort	27,4	15,0
4	60,1	23,0	beau, qq. vap.	NNE faible	59,2	25,5	beau	N assez fort	57,3	26,6	beau	N faible	27,7	17,5
5	55,7	23,4	beau, qq. vap.	NE faible	55,2	26,8	beau, qq. vap.	SE faible	54,4	24,9	beau	S faible	28,4	17,0
6	56,7	22,5	beau, qq. nuages	NE faible	56,8	24,5	beau	SE faible	56,4	23,9	beau, qq. vap.	SE faible	26,0	17,0
7	59,0	22,5	beau, qq. nuages	NE faible	59,3	25,0	beau, qq. nuages	SE faible	59,0	25,0	beau, qq. nuages	SE faible	27,5	16,9
8	60,1	23,2	beau, qq. nuages	NE faible	59,8	27,0	beau, qq. nuages	SO faible	58,6	27,0	beau, qq. nuages	S faible	29,7	16,0
9	57,5	23,5	nuageux	O faible	58,4	20,0	couvert	O très-fort	59,3	20,0	couvert	NO fort	23,5	18,5
10	57,9	19,8	beau	N faible	56,1	23,9	beau	SO faible	54,4	23,0	beau	SO faible	25,5	12,5
11	51,4	18,7	brouillard	E faible	51,3	19,8	pluie	S faible	51,2	19,8	brouillard	S faible	20,5	15,5
12	52,3	21,6	très-nuageux	NE faible	52,6	24,2	beau	SO faible	52,1	23,2	nuageux	S faible	26,5	17,5
13	55,6	22,9	beau, qq. nuages	NO faible	55,6	24,4	beau	ONO assez fort	55,0	24,9	beau	ONO assez fort	26,0	16,5
14	57,2	21,0	beau	ONO fort	56,6	23,4	beau	NNO fort	55,8	23,0	presque couvert	O fort	25,7	15,5
15	57,4	18,5	nuageux	NO fort	57,0	22,7	beau, qq. nuages	NO fort	55,6	23,8	beau, qq. nuages	NO fort	25,5	15,5
16	54,0	16,1	pluie	N assez fort	54,5	23,0	nuageux	N faible	54,1	23,2	beau, qq. nuages	NO très-fort	24,7	16,0
17	57,5	20,0	beau	NO fort	56,3	22,0	nuageux	NNO très-fort	56,1	20,7	nuageux	NNO fort	23,4	14,5
18	54,7	14,5	couvert	ONO très-fort	53,2	18,0	très-nuageux	ONO fort	51,7	18,8	très-nuageux	ONO fort	19,5	14,0
19	52,4	18,2	beau, qq. nuages	NNO très-fort	53,0	21,0	nuageux	NNO très-fort	53,3	20,9	beau, qq. nuages	NNO très-fort	22,3	13,2
20	56,3	18,0	beau, qq. nuages	N très-fort	56,1	21,2	beau, qq. nuages	ONO très-fort	55,6	20,0	beau, qq. nuages	NNO fort	23,0	14,0
21	56,2	18,7	nuageux	ONO très-fort	56,0	20,1	nuageux	ONO très-fort	55,1	19,5	nuageux	ONO très-fort	23,1	15,2
22	54,6	19,0	nuageux	ONO fort	53,4	21,6	beau, qq. nuages	N fort	52,8	21,7	beau, qq. nuages	ONO fort	24,1	15,0
23	55,2	18,3	nuageux	ONO très-fort	54,7	21,7	beau, cirrus	NNO très-fort	54,3	21,9	nuageux	ONO très-fort	23,5	15,5
24	55,0	20,8	beau	NNO assez fort	54,9	24,8	beau	NNE faible	54,0	26,5	beau	SSE faible	28,1	15,2
25	56,5	22,5	beau	NNO très-faible	55,8	27,8	beau	OSO très-faible	55,1	28,0	beau	OSO très-faible	28,1	14,7
26	56,7	22,0	beau	N fort	55,6	25,6	beau	NNO assez fort	54,7	26,9	beau	SO faible	29,5	17,0
27	54,0	22,0	nuageux	NE faible	53,3	26,2	nuageux	NE faible	52,8	24,0	très-nuageux	SO faible	29,0	16,0
28	52,5	22,4	nuageux	NO faible	52,7	25,2	nuageux	O fort	53,2	23,9	beau	O très-fort	26,0	17,0
29	57,3	20,0	nuageux	NO fort	56,4	21,8	beau, qq. nuages	NNO fort	56,4	22,0	nuageux	NO fort	24,5	15,0
30	59,2	19,9	beau	NO très-fort	58,2	22,8	nuageux	NO fort	57,7	22,5	très-nuageux	O fort	24,5	14,5
Moyenne du mois.	756,06	20,17			755,78	23,19			755,19	23,02			25,26	15,56

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 69,12 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — JUILLET 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	758,5	21,3	beau	NO fort	758,7	23,8	beau	NO fort	758,2	24,0	beau	NO fort	25,5	17,0
2	61,0	20,8	beau	ONO assez fort	60,1	25,7	beau	NNO faible	59,2	26,8	beau	NNO faible	28,3	15,0
3	60,1	23,0	beau	N faible	59,8	26,0	beau	S faible	59,1	23,5	nuageux	E faible	28,0	15,0
4	59,7	21,5	nuageux	E faible	59,7	24,0	nuageux	SSE faible	58,4	23,0	beau	S faible	28,0	18,9
5	56,2	20,0	couvert	E faible	55,7	19,9	brouillard	E faible	53,9	22,0	couvert	SE faible	25,0	16,5
6	51,8	19,8	pluie	S faible	51,5	20,8	pluie	S faible	51,9	19,4	pluie	O faible	25,0	18,5
7	59,0	19,5	beau	NO faible	58,8	22,9	beau	E faible	57,9	23,4	beau	S faible	25,5	13,0
8	61,7	24,0	beau	NO faible	61,7	27,0	beau	O faible	61,0	28,9	beau	NO assez fort	29,5	16.0
9	62,1	23,5	beau	NNE faible	60,9	28,3	beau	SSE faible	59,5	28,0	beau	SSO faible	29,5	17,0
10	57,4	25,5	beau, qq. nuages	NO faible	56,1	29,8	nuageux	E faible	54,7	29,5	nuageux	O fort	33,5	16,5
11	56,2	21,0	nuageux	NO fort	55,9	23,5	nuageux	O très-fort	54,6	24,5	nuageux	O très-fort	26,4	18,0
12	55,1	23,0	beau	NE faible	54,5	28,4	nuageux	SO faible	54,3	25,8	couvert	S faible	31,0	16,0
13	56,9	24,5	beau	N fort	57,0	28,5	beau	NO fort	56,0	28,9	beau	NO fort	30,5	20,0
14	57,7	25,9	beau	NE faible	57,5	30,4	beau	O faible	56,8	28,2	beau	S faible	32,7	19,5
15	55,4	22,6	nuageux	NE faible	55,3	27,0	beau	SE faible	53,2	25,0	beau, qq. nuages	ESE faible	30,0	19,0
16	54,7	21,9	nuageux	NO assez fort	55,0	23,8	nuageux	NO assez fort	54,2	23,5	beau	NO fort	25,4	18,0
17	55,8	21,0	nuageux	NO faible	55,6	24,5	beau, vapeurs	SO faible	55,0	23,8	beau, vapeurs	SSE très-faible	27,0	14,0
18	58,1	25,5	beau, qq. cirrus	NO très-faible	57,9	28,0	beau, qq. vap.	SE très-faible	57,4	30,0	beau, qq. vap.	NO très-faible	31,4	15,5
19	61,0	27,0	beau	SO très-faible	60,5	30,0	beau	SO faible	59,4	31,5	beau	O assez fort	33,0	18,9
20	62,3	27,2	beau	NO très-faible	61,1	31,1	beau	NO très-faible	60,0	32,9	beau	SO très-faible	35,0	20,5
21	60,3	25,5	beau	N très-faible	58,9	32,0	beau	N très-faible	57,7	33,5	beau	S très-faible	35,5	21,5
22	58,9	27,0	beau	N très-faible	57,2	30,5	beau	NO faible	56,1	31,1	beau	S faible	33,0	20,5
23	58,2	25,0	beau	NO faible	57,2	31,5	beau	S faible	56,2	32,0	beau	O faible	33,5	18,5
24	59,2	26,0	beau, qq. nuages	NO assez fort	58,6	29,7	beau, qq. nuages	NO assez fort	57,9	32,0	beau	N fort	34,5	22,0
25	59,6	25,8	beau, qq. nuages	N fort	59,2	31,8	beau	NE faible	58,8	32,0	beau	SSO faible	35,4	21,0
26	59,4	28,3	beau	NE faible	59,6	32,0	beau	SSE faible	58,9	30,5	beau	S faible	34,5	21,0
27	58,7	27,5	nuageux	N très-faible	58,1	32,0	beau, qq. nuages	S très-faible	57,6	31,5	beau	S très-faible	34,8	21,3
28	58,5	24,5	nuageux	N faible	57,9	32,0	nuageux	S faible	57,1	29,5	nuageux	S faible	35.0	19,5
29	57,9	25,0	nuageux	NE faible	57,1	28,9	beau	S faible	56,5	28,0	nuageux	S faible	31,0	20,0
30	57,0	25,2	nuageux	NO fort	56,9	27,5	beau	NO fort	57,1	27,0	beau	NO fort	28,5	21,5
31	59,0	22,2	beau	N assez fort	57,5	27,9	beau	N assez fort	56,7	29,0	beau	S faible	31,5	17,5
Moyenne du mois.	758,30	23,89			757,79	27,72			756,95	27,70			30,56	18,29

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 27,37 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — AOUT 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	759,4	24,0	beau	NE faible	759,4	30,0	beau	S faible	759,1	28,0	beau	S faible	31,5	17,5
2	59,8	25,0	beau	N faible	59,5	30,9	beau	S faible	58,1	28,5	beau	S faible	32,5	18,0
3	57,5	26,5	beau	O faible	57,0	29,7	beau	SE faible	55,2	29,8	beau, vapeurs	SO assez fort	33,5	20,5
4	56,6	25,0	beau	NE assez fort	55,0	29,9	beau	S faible	53,7	28,0	beau	S faible	32,0	20,0
5	54,6	24,1	beau	N faible	53,6	27,6	beau,qq. nuages	SE faible	53,1	26,9	beau,qq. nuages	S faible	30,5	18,3
6	57,4	24,8	beau,qq. nuages	NE faible	56,8	29,0	beau	SO faible	56,1	29,0	beau,qq. nuages	N assez fort	31,5	20,0
7	56,5	25,2	beau	N faible	55,8	28,9	beau	SSE faible	55,0	26,8	nuageux	SE faible	31,0	18,0
8	53,9	25,0	beau,qq. nuages	N faible	52,8	30,0	beau,qq. nuages	SSO faible	51,7	29,5	beau,qq. nuages	S assez fort	32,5	21,0
9	53,7	21,0	nuageux	NO faible	53,4	24,8	tres-nuageux	NO faible	53,2	24,5	tres-nuageux	O faible	26,9	16,5
10	55,8	20,5	beau	NO fort	55,3	23,5	nuageux	NO fort	55,5	24,3	beau	NO fort	25,5	15,9
11	58,3	20,6	beau	NO faible	57,2	24,5	beau	NO assez fort	56,3	26,5	beau	SO faible	28,5	15,0
12	58,5	22,5	beau	N faible	58,2	26,0	beau	NE faible	56,7	27,8	beau	SO faible	29,8	16,0
13	58,1	23,0	beau	N faible	57,4	29,0	beau	SO faible	56,2	27,0	beau,qq. nuages	S assez fort	29,5	16,4
14	56,2	19,5	couvert	N faible	55,9	25,3	beau, qq. vap.	S assez fort	54,9	24,8	nuageux	S assez fort	27,4	16,0
15	54,4	20,8	couvert	E faible	54,4	19,0	pluie	E faible	54,5	19,0	éclaircies	NE faible	23,5	18,5
16	54,4	20,4	beau,qq. nuages	NO assez fort	53,8	23,5	nuageux	NO faible	53,2	23,8	nuageux	O faible	26,0	15,5
17	53,7	20,4	beau	O assez fort	53,6	23,5	beau	NO assez fort	52,8	24,0	beau	NO assez fort	25,5	15,8
18	54,8	21,0	beau,qq. nuages	O assez fort	54,3	24,6	beau	N faible	53,8	25,0	beau,qq. nuages	NNO faible	26,5	15,5
19	55,4	22,1	beau	N faible	54,7	25,8	beau	NO faible	53,5	27,0	beau	SO faible	28,5	15,8
20	53,9	23,4	beau,qq. nuages	N faible	53,7	27,0	nuageux	SO faible	52,8	26,0	beau	SO faible	30,5	17,0
21	55,1	22,5	beau, qq. vap.	N faible	54,8	27,5	beau,qq. nuages	S faible	54,2	27,0	beau,qq. nuages	S faible	29,5	17,5
22	55,5	20,9	couvert	N faible	56,2	24,2	beau	O fort	56,6	23,0	nuageux	NO assez fort	26,5	18,0
23	59,9	21,0	beau	NO assez fort	58,9	24,0	beau	NO fort	57,4	25,6	nuageux	NO fort	27,0	15,5
24	58,0	22,0	beau	N faible	57,5	25,5	beau	N assez fort	56,8	27,0	beau	NNE assez fort	28,0	14,5
25	58,6	21,8	beau	N assez fort	57,7	27,5	beau	S faible	57,3	26,5	beau	S faible	28,5	16,0
26	57,5	21,2	beau	NE faible	56,7	26,0	beau,qq. nuages	S faible	55,4	25,0	nuageux	SSE faible	27,5	16,0
27	54,2	17,0	pluie	NO faible	54,7	21,3	très-nuageux	N faible	54,3	22,1	nuageux	O assez fort	24,5	15,5
28	57,6	20,8	beau	NO faible	56,8	23,1	beau	NO assez fort	55,8	24,0	beau	NO assez fort	24,5	16,5
29	56,6	20,9	beau, qq. vap.	N faible	56,0	23,8	beau,qq. nuages	NO assez fort	55,9	22,2	beau,qq. nuages	NO assez fort	25,5	15,0
30	56,0	18,7	presque couvert	NO faible	54,9	22,1	nuageux	NO faible	54,2	23,0	nuageux	NNO assez fort	25,5	14,4
31	55,7	20,0	nuageux	NO faible	54,9	22,5	nuageux	NNE faible	53,8	23,0	beau,qq. nuages	E faible	27,5	15,0
Moyenne du mois.	756,37	21,99			755,84	25,81			755.07	25,63			28,31	16,79

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 63,37 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — SEPTEMBRE 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	754,1	16,8	pluie	NE faible	753,4	21,9	couvert	SE faible	753,0	20,0	pluie	E faible	23,3	15,0
2	52,4	19,5	couvert	S faible	54,0	24,0	très-nuageux	O faible	54,9	23,5	nuageux	NO faible	26,5	16,5
3	56,8	19,5	beau	N faible	55,2	23,0	beau	NO faible	53,3	23,0	beau, qq. nuages	NO faible	26,3	14,5
4	50,5	17,5	couvert	NE faible	49,6	17,0	pluie	SO faible	49,7	15,0	couvert	NO faible	18,0	16,0
5	55,5	15,9	très-nuageux	OSO très-faible	54,9	19,2	très-nuageux	N faible	54,8	18,1	très-nuageux	S faible	22,5	10,0
6	55,9	13,2	nuageux	NNO faible	56,6	16,9	très-nuageux	NO assez fort	57,1	17,9	beau	NO assez fort	22,5	11,5
7	62,2	17,0	beau	ONO assez fort	61,8	19,9	beau, qq. nuages	ONO assez fort	61,5	21,0	beau	NO faible	23,3	12,0
8	62,4	20,0	nuageux	NO faible	61,8	23,2	beau, qq. nuages	NO assez fort	60,8	24,1	nuageux	N faible	26,3	15,0
9	60,0	21,5	beau	NO faible	59,0	25,0	beau, qq. nuages	SO faible	57,5	24,0	beau, qq. nuages	SO faible	27,8	16,0
10	56,3	18,9	couvert	NE faible	55,5	21,0	couvert	E faible	54,2	19,5	couvert	SE faible	24,0	16,0
11	53,3	16,9	beau, qq. nuages	N assez fort	54,0	21,0	nuageux	NE faible	53,9	22,1	nuageux	ONO faible	25,0	15,5
12	58,2	18,0	nuageux	ONO faible	58,3	21,9	beau, qq. nuages	ONO faible	57,6	22,0	beau, qq. vap.	N faible	24,0	15,0
13	57,8	16,0	beau	N faible	57,3	21,0	beau	SO très-faible	56,2	20,8	beau	S faible	22,5	11,0
14	55,5	16,1	beau	N faible	54,6	21,0	beau	NE faible	53,2	20,0	beau	SE faible	2?,5	11,0
15	52,2	17,0	pluie	NE faible	51,0	20,9	couvert	E assez fort	51,2	19,9	couvert	E assez fort	22,0	16,5
16	53,3	15,0	presque couvert	NE assez fort	54,0	17,8	couvert	NNE assez fort	54,5	16,5	couvert	N assez fort	18,4	13,0
17	57,0	16,5	très-nuageux	NE faible	57,3	20,9	très-nuageux	E faible	57,2	19,9	couvert	E faible	23,0	13,0
18	58,0	15,0	pluie	NE faible	57,8	19,9	couvert	NE faible	57,4	20,9	couvert	NE faible	21,5	13,8
19	56,1	18,0	très-nuageux	N faible	55,4	22,8	très-nuageux	N faible	53,6	22,5	très-nuageux	SO faible	23,5	15,0
20	54,3	18,0	beau, vapeurs	NNO très-faible	54,2	21,2	nuageux	SO faible	54,1	20,5	beau, qq. nuages	NO faible	22,0	14,0
21	56,1	19,0	beau, vapeurs	NO très-faible	55,5	22,0	beau	SO faible	54,7	21,0	beau	SO faible	22,5	13,5
22	56,9	19,1	beau	NO très-faible	57,1	22,0	beau	SO faible	57,0	20,8	nuageux	SO faible	24,0	14,0
23	60,5	16,9	vapeurs	NE assez fort	60,4	21,0	très-nuageux	E faible	60,0	20,5	couvert	SE faible	23,7	14,0
24	58,9	19,0	brouillard	NE faible	57,8	21,9	presque couvert	NE faible	57,3	21,8	couvert	E faible	23,5	18,0
25	57,8	21,0	beau	NO très-faible	57,3	24,0	beau	E faible	56,3	24,0	beau	E faible	25,5	17,0
26	58,6	19,0	nuageux	NE faible	58,3	22,8	beau	NE faible	57,5	21,9	beau, qq. nuages	E faible	24,0	16,0
27	59,2	20,0	pluie	E faible	59,2	20,9	couvert	SE assez fort	59,1	21,5	très-nuageux	SE faible	23,0	19,0
28	60,3	19,2	très-nuageux	NE faible	60,2	22,0	très-nuageux	E faible	59,3	20,9	très-nuageux	SE faible	24,0	17,3
29	57,3	18,0	couvert	E faible	58,3	21,0	presque couvert	E assez fort	58,1	20,4	couvert	SE assez fort	23,0	17,0
30	61,0	19,0	couvert	NE faible	61,3	22,0	nuageux	E faible	60,6	21,0	nuageux	S faible	23,8	17,0
Moyenne du mois.	756,95	17,88			756,70	21,30			756,19	20,83			23,40	14,77

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 202,88 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — OCTOBRE 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	763,4	17,5	beau, qq. nuages	NO fort	764,4	19,2	nuageux	NO fort	764,4	18,8	nuageux	NO fort	20,5	16,0
2	65,7	18,8	beau	NO assez fort	63,4	20,0	beau, qq. nuages	NO très-fort	62,6	18,2	nuageux	NO fort	20,0	10,5
3	64,1	14,8	beau	N faible	63,6	20,9	beau	N faible	63,0	21,5	beau	NE faible	22,4	10,0
4	64,5	15,5	beau	NE faible	64,6	20,9	beau	NE faible	63,4	20,2	nuageux	S faible	23,5	11,5
5	62,6	16,5	couvert	NE faible	61,6	21,0	très-nuageux	NE faible	60,2	17,2	pluie	NE faible	22,5	14,5
6	58,3	16,6	très-nuageux	NE faible	57,9	19,5	très-nuageux	SE faible	57,5	18,7	très-nuageux	SE faible	21,0	15,0
7	57,7	15,0	couvert	N faible	57,4	18,2	très-nuageux	NE faible	55,8	17,0	couvert	SO faible	19,5	14,0
8	57,8	16,0	beau, cirrus	NE assez fort	58,5	18,3	très-nuageux	NE faible	58,2	19,0	beau, qq. nuages	E faible	20,0	14,0
9	60,8	15,5	nuageux	NE faible	60,7	19,0	nuageux	E faible	60,4	19,0	beau, qq. nuages	SE faible	21,5	13,0
10	61,8	16,8	nuageux	NE faible	61,0	20,0	très-nuageux	SE faible	60,5	19,0	très-nuageux	SE faible	21,7	13,0
11	60,3	14,0	grande pl., orag.	NE faible	60,8	15,0	pluie	NE faible	60,1	18,0	couvert	SE faible	18,0	13,0
12	62,1	18,0	très-nuageux	NE faible	61,8	21,9	très-nuageux	NE faible	59,5	20,4	nuageux	S faible	22,5	16,6
13	61,5	17,0	beau	NO très-faible	61,0	20,5	beau, qq. vap.	E très-faible	60,3	22,1	beau	SO faible	24,0	13,0
14	62,5	17,8	beau	NO faible	61,0	25,0	beau	SO faible	60,4	21,8	beau, qq. vap.	SE faible	26,5	15,0
15	60,5	19,5	nuageux	SE faible	60,4	21,9	nuageux	SE faible	59,9	20,8	très-nuageux	SE faible	23,0	17,0
16	62,2	15,5	couvert	N faible	63,1	18,5	beau, qq. nuages	N faible	62,7	20,0	beau	NNO assez fort	23,0	14,5
17	62,8	12,9	beau	NO très-faible	61,5	17,5	beau	SO faible	60,6	18,0	beau, vapeurs	SO faible	19,5	10,0
18	59,8	15,5	nuageux	O assez fort	58,4	19,0	beau, qq. nuages	O faible	56,5	18,7	beau, qq. nuages	SO assez fort	22,0	14,0
19	56,7	13,5	très-nuageux	NO assez fort	57,2	15,5	beau, qq. nuages	NO fort	56,0	15,3	beau, qq. nuages	N faible	16,5	12,0
20	54,6	9,0	beau	N faible	54,3	16,9	nuageux	E très-faible	54,3	17,0	nuageux	NO fort	19,5	6,0
21	62,4	12,0	beau	NO assez fort	62,4	14,6	beau	NO fort	62,4	13,0	nuageux	NO fort	15,5	9,8
22	62,6	12,0	beau	NO faible	60,6	16,5	beau	SO faible	58,9	16,7	voilé	SO faible	19,0	9,5
23	56,6	13,0	beau	NE très-faible	55,2	18,0	beau	E très-faible	53,5	17,0	beau	S très-faible	19,3	11,0
24	50,8	14,7	cirrus	N faible	49,7	17,1	couvert	NE faible	49,2	13,0	pluie	NO faible	18,4	12,0
25	55,1	10,5	beau, qq. nuages	NO faible	57,0	16,5	nuageux	NE assez fort	57,6	15,8	très-nuageux	NNE assez fort	17,3	8,5
26	60,1	13,5	couvert	N faible	60,0	17,4	presque couvert	N faible	59,0	17,5	presque couvert	N faible	18,7	11,0
27	62,6	14,0	beau	N assez fort	61,7	17,9	beau	N assez fort	60,1	16,9	beau	NE faible	18,5	12,0
28	58,2	12,0	nuageux	NNE faible	57,6	15,2	couvert	NE faible	55,5	15,8	couvert	NE faible	18,5	7,0
29	50,5	14,0	pluie	NE assez fort	50,0	16,6	couvert	NE assez fort	48,4	13,0	pluie	NE assez fort	17,0	13,5
30	51,2	13,8	très-nuageux	NO faible	52,3	16,5	très-nuageux	ESE faible	51,9	16,3	très-nuageux	E très-faible	17,4	12,0
31	49,9	14,5	couvert	NE faible	48,3	19,0	très-nuageux	E faible	47,8	18,0	nimbus	E faible	19,5	12,5
Moyenne du mois.	759,35	14,67			758,95	18,52			758,08	17,86			20,20	12,30

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 310,88 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — NOVEMBRE 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	750,4	14,8	couvert	NNO très-faible	750,4	17,0	nuageux	NE faible	750,6	13,0	pluie	NE assez fort	17,5	13,5
2	53,0	13,5	pluie	NE assez fort	54,0	13,5	pluie	NE assez fort	54,3	15,8	nuageux	NNE assez fort	15,9	12,0
3	53,7	11,0	beau	N faible	54,1	16,5	beau	NE très-faible	54,1	16,0	beau	NE très-faible	16,8	9,0
4	56,5	9,5	beau	NO très-faible	56,5	14,9	beau	NE faible	56,1	14,5	beau	NE faible	15,5	7,5
5	58,1	8,9	beau	N faible	57,6	14,0	beau	NE faible	57,1	14,2	beau	N faible	15,0	7,0
6	58,5	10,0	presque couvert	NNE faible	58,3	14,5	beau	NE faible	57,3	14,3	beau	NE faible	15,5	7,5
7	58,9	11,0	nuageux	N faible	58,9	16,0	beau	NE faible	58,6	15,9	beau	S faible	17,3	9,8
8	59,6	9,0	beau	NO faible	58,8	15,0	beau	NO faible	58,0	12,7	beau	NNE faible	16,0	8,0
9	59,4	8,0	beau	NO très-faible	58,8	12,0	beau	NO très-faible	57,8	12,0	beau	E très-faible	13,5	5,5
10	56,7	5,5	nuageux	N faible	55,2	11,0	beau, qq. vap.	S faible	53,2	10,2	presque couvert	S faible	12,1	4,0
11	47,6	8,9	pluie	NO faible	45,8	10,5	couvert	OSO faible	45,0	8,5	beau, qq. nuages	ONO assez fort	11,5	7,5
12	45,6	7,1	couvert	N très-fort	46,2	9,3	presque couvert	N fort	48,2	9,0	nuageux	N fort	10,0	3,0
13	49,7	7,0	cirrus	NO faible	48,9	10,8	presque couvert	NO faible	48,1	10,8	presque couvert	NO faible	13,5	3,5
14	49,3	9,6	cirrus	NNO faible	49,7	12,1	cirrus	NO assez fort	50,5	11,0	très-nuageux	O assez fort	13,0	7,8
15	51,9	9,9	cirrus	NO assez fort	52,4	12,0	nuageux	NO fort	52,3	10,1	beau, qq. nuages	NO assez fort	13,0	8,5
16	54,7	8,9	presque couvert	NO faible	54,9	13,0	très-nuageux	NO faible	55,4	10,3	nuageux	NO faible	14,3	6,5
17	58,1	7,2	beau	NO très-faible	57,7	12,7	beau	N faible	56,6	11,0	nuageux	NO faible	14,5	5,0
18	58,2	8,9	couvert	N faible	57,6	11,5	nuageux	N faible	56,8	11,6	nuageux	N faible	13,5	7,0
19	54,2	9,0	presque couvert	NE assez fort	53,7	11,7	beau	NE assez fort	53,1	10,3	beau	NE faible	13,5	8,0
20	53,4	5,0	beau, vapeurs	N faible	52,6	8,7	vapeurs	NE faible	52,2	8,2	vapeurs	N faible	10,0	3,0
21	53,7	4,3	couvert	NO très-faible	53,3	6,9	couvert	N faible	53,1	6,0	presque couvert	NE faible	7,7	3,0
22	52,5	1,5	beau, qq. nuages	NO faible	51,6	6,0	beau	NO faible	51,3	4,5	beau, qq. nuages	NO faible	6,8	0,5
23	49,9	— 1,2	beau	NO faible	48,4	4,0	beau	NE faible	46,1	5,0	beau, qq. nuages	NE faible	6,4	— 2,3
24	43,9	3,8	nuageux	N faible	42,9	7,0	très-nuageux	NE faible	41,1	8,9	pluie	NE assez fort	10,5	2,0
25	34,7	10,0	pluie	S faible	34,9	10,0	pluie	NE faible	34,9	8,0	pluie	NE faible	11,5	7,0
26	40,2	8,0	couvert	N faible	42,2	11,9	très-nuageux	N faible	44,2	8,0	beau, qq. nuages	NO fort	12,0	6,0
27	52,4	3,0	beau, qq. nuages	NO faible	51,8	8,0	beau	NE faible	52,6	7,3	beau, qq. nuages	E faible	9,5	2,0
28	54,3	3,9	beau, qq. nuages	NO faible	53,3	7,9	couvert	NE faible	51,5	6,0	couvert	NE faible	7,5	2,0
29	48,5	11,0	pluie	E faible	47,4	10,0	pluie	NE faible	47,9	11,6	couvert	NE faible	13,4	7,5
30	52,7	9,0	pluie	N faible	52,7	9,9	pluie	N faible	52,2	10,0	pluie	NE faible	10,0	9,0
Moyenne du mois.	752,34	7,87			752,02	11,28			751,67	10,49			12,57	6,01

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois: 283,50 millimètres.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER. — DÉCEMBRE 1862.

JOURS du mois.	HUIT HEURES DU MATIN.				MIDI.				QUATRE HEURES DU SOIR.				THERMOMÈTRE.	
	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Baromèt. à zéro.	Thermom. extérieur.	État du ciel.	Vent.	Maximum.	Minimum.
1	749,5	8,0	pluie	S assez fort	749,1	8,5	pluie	S assez fort	748,2	7,9	pluie	NE assez fort	9,5	8,0
2	46,3	10,5	pluie	SSE fort	48,3	10,8	beau	NNO assez fort	51,0	10,0	beau	NNE faible	11,5	8,2
3	54,4	8,8	couvert	ENE faible	54,3	11,5	couvert	E fort	54,3	11,0	pluie	ESE fort	12,0	7,0
4	55,0	8,5	pluie	NE faible	56,5	8,0	pluie	NE faible	58,5	7,5	pluie	NE faible	9,2	8,5
5	63,1	7,1	nuageux	N faible	63,3	10,9	vapeurs	N faible	63,7	10,0	nuageux	SE faible	11,8	6,0
6	66,2	6,5	brouillard	NE faible	66,9	7,5	brouillard	NE très-faible	66,6	7,8	éclaircies	N faible	8,0	4,5
7	67,4	7,0	couvert	NNO très-faible	66,6	10,1	nuageux	N faible	64,7	10,0	nuageux	SO faible	12,0	6,0
8	62,1	6,5	brouillard	NO très-faible	61,1	9,3	brouillard	NE faible	60,9	12,9	beau, qq. nuages	N assez fort	13,5	5,0
9	62,6	5,0	beau	NO faible	62,9	9,0	nuageux	NO faible	61,9	8,3	beau, vapeurs	NO faible	10,5	3,0
10	61,1	6,1	beau	NO assez fort	60,6	9,5	beau, qq. nuages	NO fort	60,5	9,0	beau, qq. nuages	NO faible	10,5	4,0
11	61,5	11,0	beau	NO faible	61,0	13,9	beau	NO assez fort	59,6	12,1	beau	NO faible	14,8	8,9
12	55,9	9,5	très-nuageux	ONO assez fort	58,3	11,0	très-nuageux	NO fort	62,4	7,9	beau	NO fort	11,5	7,0
13	64,9	4,5	beau	NO très-faible	65,0	9,0	beau	NE faible	64,8	7,8	nuageux	NE faible	10,0	2,5
14	65,7	8,3	beau	NO assez fort	65,6	12,0	beau	NO faible	64,7	10,9	beau	N faible	12 8	3,0
15	67,2	5,0	beau	N assez fort	67,6	8,4	nuageux	N assez fort	67,3	8,5	beau	N faible	10,0	4,0
16	69,6	3,0	beau	N faible	70,0	9,0	beau	N très-faible	69,7	8,5	beau	NE faible	10,0	2,0
17	71,1	2,0	beau	N faible	71,3	6,8	beau	NE faible	70,5	7,0	beau	NE faible	8,0	1,5
18	66,6	8,0	nuageux	ONO assez fort	65,8	9,1	très-nuageux	O fort	63,5	8,9	nuageux	NO assez fort	10,5	1,5
19	63,1	8,2	beau, qq. nuages	NO fort	61,1	11,4	beau, qq. nuages	ONO très-fort	59,0	11,0	beau, qq. nuages	ONO très-fort	12,0	6,0
20	54,3	11,0	nuageux	O très-fort	52,9	12,9	nuageux	O très-fort	50,6	11,0	beau	O très-fort	13,5	10,0
21	50,0	5,5	beau	NO assez fort	50,6	7,9	nuageux	NO assez fort	50,6	6,0	beau, qq. nuages	NO assez fort	9,0	3,5
22	50,9	4,0	beau, cirrus	NO fort	52,0	7,0	beau	N très-fort	53,8	5,5	beau	N très-fort	7,5	3,0
23	57,1	1,5	beau	NO faible	57,5	4,1	beau	NE assez fort	57,2	4,5	beau	N assez fort	5,5	0,5
24	64,0	1,2	beau	NNO assez fort	64,9	5,3	beau	N faible	65,3	5,5	beau	NE faible	6,5	0,0
25	69,0	3,5	beau	NO faible	69,2	8,0	beau	NE faible	69,1	8,9	beau	NE faible	10,5	0,0
26	71,3	1,5	beau	NO faible	71,3	8,5	beau	NO faible	70,2	8,9	beau	NO faible	9,5	0,3
27	70,0	4,8	beau	NO faible	69,2	10,9	beau	NO faible	68,0	12,9	beau	N très-faible	13,5	2,0
28	66,7	5,8	beau	N très-faible	66,1	10,0	beau	N très-faible	64,9	8,8	beau	NE très-faible	10,5	3,0
29	62,2	6,7	couvert	N très-faible	61,1	8,6	couvert	NE très-faible	59,7	9,0	éclaircies	NE très-faible	9,5	5,0
30	51,5	7,0	couvert	NE très-faible	51,5	10,0	couvert	N faible	51,7	8,9	couvert	SO faible	10,5	6,0
31	56,9	5,9	beau	NO faible	58,0	9,8	beau	N fort	59,2	9,0	beau	NO assez fort	11,5	4,8
Moyenne du mois.	761,20	6,19			761,28	9,31			761,02	8,90			10,50	4,35

Altitude du baromètre : 58,7 mètres.

Quantité de pluie tombée pendant le mois : 68 millimètres.

RÉSUMÉ DES OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES FAITES A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MONTPELLIER EN 1862.

1862.	HUIT HEURES DU MATIN		MIDI.		QUATRE HEURES DU SOIR.		TEMPÉRATURE			NOMBRE DES JOURS où le ciel a été généralement			JOURS de pluie.	PLUIE en millimètres.
	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	Baromètre à zéro.	Thermomètre extérieur.	Maxima.	Minima.	Moyenne.	Beau.	Nuageux.	Couvert.		
Janvier.....	757,33	4,35	757,22	8,40	756,76	8,46	9,82	2,84	6,33	14	10	7	4	17,00
Février.....	757,46	5,40	757,25	9,54	756,48	10,10	11,31	3,88	7,59	14	5	9	9	85,50
Mars.....	751,87	10,20	752,03	12,91	751,46	13,03	15,05	8,35	11,70	9	7	15	14	106,18
Avril.....	758,17	14,45	757,82	18,68	757,02	18,33	21,15	9,74	15,44	18	11	1	2	8,50
Mai.....	756,37	18,91	756,15	21,99	755,53	21,65	24,70	13,64	19,17	12	14	5	8	57,00
Juin.....	756,06	20,17	755,78	23,19	755,19	23,02	25,26	15,56	20,41	14	12	4	5	69,12
Juillet.....	758,30	23,89	757,79	27,72	756,95	27,70	30,56	18,29	24,42	22	7	2	3	27,37
Août.....	756,37	21,99	755,84	25,81	755,07	25,63	28,31	16,79	22,55	23	7	1	4	63,37
Septembre.....	756,95	17,88	756,70	21,30	756,19	20,83	23,40	14,77	19,08	11	9	10	13	202,88
Octobre.....	759,35	14,67	758,95	18,52	758,08	17,86	20,20	12,30	16,25	11	12	8	11	310,88
Novembre.....	752,34	7,87	752,02	11,28	751,67	10,49	12,57	6,01	9,29	10	9	11	8	283,50
Décembre.....	761,20	6,19	761,28	9,31	761,02	8,90	10,50	4,35	7,42	18	7	6	5	68,00
Moyenne de l'année.	756,81	13,83	756,57	17,39	755,95	17,17	19,40	10,54	14,97					
TOTAL.										176	110	79	86	1299,30

This book should be returned to the Library on or before the last date stamped below.

A fine of five cents a day is incurred by retaining it beyond the specified time.

Please return promptly.

2044 089 215 453